

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,  
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

**ПРИМЕНЕНИЕ МАКРО-,  
МИКРОУДОБРЕНИЙ  
И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА  
ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
КУЛЬТУР**

*Рекомендации*

*для специалистов хозяйств и агрохимической службы  
агропромышленного комплекса, преподавателей, аспирантов,  
магистрантов и студентов высших учебных заведений  
аграрного профиля*

Горки  
БГСХА  
2022

УДК 631.95(083.13)  
ББК 20.1я73  
П75

*Рекомендовано Научно-техническим советом БГСХА.  
Протокол № 10 от 6 декабря 2021 г.  
Утверждено коллегией комитета по сельскому хозяйству  
и продовольствию Могилевского облисполкома.  
Постановление № 33-1 от 6 апреля 2022 г.*

Авторы:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *И. Р. Вильдфлуш*;  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *О. И. Мишура*;  
ассистенты *Н. Э. Хизанейшвили*, *С. С. Мосур*;  
аспирант *А. А. Кулешова*, старший преподаватель *О. В. Малашевская*

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Н. Н. Цыбулько*;  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Б. В. Шелюто*

**П75      Применение макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур : рекомендации / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки : БГСХА, 2022. – 54 с.**  
ISBN 978-985-882-199-9.

В рекомендациях изложены результаты исследований по влиянию новых форм комплексных удобрений для основного внесения и некорневых подкормок, микроудобрений в хелатной и органо-минеральной форме, регуляторов роста, комплексных микроудобрений с регуляторами роста на продуктивность и качество гороха, яровой пшеницы, ярового тритикале, кукурузы при возделывании на зерно и зеленую массу, столовой свеклы и моркови. Приведена характеристика, дозы, сроки, способы применения макро-, микроудобрений, новых форм комплексных удобрений и регуляторов роста, обеспечивающих повышение урожайности, улучшение качества продукции сельскохозяйственных культур. Дана оценка их агрономической и экономической эффективности и технологические схемы применения, обеспечивающие формирование высокопродуктивных посевов, сделаны предложения по импортозамещению микроудобрений.

Для специалистов хозяйств и агрохимической службы агропромышленного комплекса, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов высших учебных заведений аграрного профиля.

УДК 631.95(083.13)  
ББК 20.1я73

ISBN 978-985-882-199-9

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2022

## ВВЕДЕНИЕ

Основной особенностью и принципиальной сущностью нынешнего этапа сельскохозяйственного производства является необходимость наращивания сельскохозяйственного производства в условиях сокращения потребления энергоресурсов.

Для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур с хорошим качеством продукции требуется комплексный подход к использованию средств химизации, предусматривающей совместное или последовательное применение расчетных доз минеральных макро-, микроудобрений, биопрепаратов и регуляторов роста растений.

Для практического земледелия важны знания о том, как использовать средства химизации комплексно, чтобы их совместное применение было экономически и экологически целесообразно. На фоне комплексного применения средств химизации (макро-, микроудобрений, регуляторов роста) растения зерновых и других культур более полно используют элементы питания (в первую очередь азот) из почвы и внесенных удобрений. В результате у обработанных растений усиливается формирование корневой системы и листового аппарата, повышается интенсивность метаболических процессов. Все это создает условия для формирования высоких урожаев сельскохозяйственных культур с хорошим качеством продукции.

В настоящее время большое внимание уделяется разработке и внедрению в производство ресурсосберегающих систем удобрения сельскохозяйственных культур. Большие возможности в этом направлении представляются при использовании новых форм комплексных удобрений, специализированных для различных сельскохозяйственных культур, содержащих макро- и микроэлементы в сбалансированных количествах.

По сравнению с простыми формами минеральных удобрений комплексные удобрения позволяют оптимизировать питание растений и снизить затраты на их применение. Разработан ряд новых форм микроудобрений в хелатной форме, эффективность которых существенно выше, чем простых солей.

Управление ростом и развитием растений с помощью регуляторов роста приобретает актуальное значение в связи с тем, что они повышают устойчивость растений к неблагоприятным факторам и позво-

ляют существенно увеличить урожайность при минимальных затратах. Большой интерес представляет использование комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста, полученных в последнее время, эффективность которых слабо изучена при возделывании сельскохозяйственных культур. Использование комплексных препаратов позволит снизить затраты на применение средств химизации.

Следует также учитывать, что сорта различных сроков созревания отличаются по темпам потребления элементов питания и при разработке системы удобрения необходимо обращать внимание на сортовые особенности сельскохозяйственных культур.

Применение новых форм комплексных удобрений для допосевого внесения и некорневых подкормок, микроудобрений в хелатной и органоминеральной форме, регуляторов роста и комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста позволяет оптимизировать питание растений и разработать высокоэффективную систему удобрения для сельскохозяйственных культур, обеспечивающую высокую, устойчивую продуктивность и качество урожая, уменьшить действие неблагоприятных метеорологических условий на формирование урожая.

## 1. ГОРОХ ПОЛЕВОЙ

В настоящее время горох является одной из наиболее распространенных зернобобовых культур. В мировом земледелии он возделывается на всех континентах земного шара и по посевным площадям (около 7 млн. га) занимает пятое место после сои, фасоли, арахиса и нута.

Для европейских стран горох является основной зерновой бобовой культурой, которая возделывается на пищевые и кормовые цели на площади около 3 млн. га. Наиболее распространен он в России – около 1 млн. га, Украине – 600–650 тыс. га, Франции – 550–600 тыс. га, Германии – 100–150 тыс. га, Дании, Великобритании – около 100 тыс. га. В Республике Беларусь максимальная посевная площадь гороха была отмечена в 1998 г. и составила 166,9 тыс. га. Однако в последние годы посевные площади под чистыми и смешанными посевами гороха в нашей стране стабилизировались на уровне 80–100 тыс. га.

Ценность гороха заключается в его универсальности. Он может использоваться в пищевом, кормовом, техническом и агротехническом направлениях. В семенах гороха в зависимости от сорта и погодных условий содержится 2–2,5 % жира, 20–30 % белка, 55–65 % безазотистых экстрактивных веществ, 4–5 % клетчатки. Кроме этого, в них содержится большой набор минеральных компонентов: 6–7 г/кг фосфора и калия, 50–60 мг/кг железа, 10–23 мг/кг марганца, 9–11 мг/кг меди, 34–38 мг/кг цинка, 4–6 мг/кг молибдена, 6–8 мг/кг бора, 0,2–0,4 мг/кг кобальта и другие микроэлементы. Также в них присутствует широкий спектр ферментов – амилаза, мальтаза, сахароза, редуктаза, каталаза и витаминов – В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, РР, К, С, Е и каротин.

Зрелые семена используют в пищу в натуральном виде, крупяная промышленность производит из них крупу, которая применяется для приготовления первых и вторых блюд, гороховая крупа добавляется в качестве белковой добавки при выпечке хлеба для повышения его питательности. Мозговые и сахарные сорта гороха используются для консервирования в виде зеленого горошка и лопатки (недозревшие бобы).

Велика кормовая ценность гороха, семена которого являются белковым компонентом при производстве сбалансированных концентрированных кормов. Зеленая масса, также богатая белками, является прекрасным кормом для сельскохозяйственных животных и используется в свежем виде для производства сенажа, силоса, травяной муки, гранул, брикетов и т. д. Широкое распространение получили смешанные посевы гороха с зерновыми и крестоцветными культурами.

Горох также находит применение в медицинской, парфюмерной, химической промышленности. Из крахмала мозговых и сахарных сортов при термопластической обработке возможно производство биологически чистых, рециклируемых пластмасс, которые постепенно будут заменять химические аналоги и способствовать улучшению экологической обстановки.

Благодаря мощно развитой корневой системе и ее симбиозу с клубеньковыми бактериями горох способен на 70–80 % обеспечивать себя азотом и накапливать его в почве до 150 кг/га для последующих культур. В связи с этим горох имеет большое агротехническое значение и является одним из лучших предшественников для зерновых, пропашных, овощных и других сельскохозяйственных культур.

Оптимизация питания растений, повышение эффективности внесения удобрений в огромной степени связаны с обеспечением оптимального соотношения в почве макро- и микроэлементов. Причем это важно не только для роста урожайности, но и повышения качества продукции растениеводства и животноводства.

Микроэлементы – это необходимые элементы питания, без которых растения не могут полноценно развиваться. Они входят в состав важнейших физиологически активных веществ и участвуют в процессе синтеза белков, углеводов, витаминов, жиров. Под влиянием микроэлементов растения становятся более устойчивыми к неблагоприятным условиям атмосферной и почвенной засухи, пониженным и повышенным температурам, поражению вредителями и болезнями.

Современным направлением повышения урожайности и качества продукции растениеводства является внедрение в сельскохозяйственное производство высоких энергосберегающих технологий с применением регуляторов роста растений. Управление ростом и развитием растений с помощью регуляторов роста позволяет существенно повысить устойчивость к неблагоприятным факторам среды: высоким и низким температурам, недостатку влаги.

Повысить эффективность микроудобрений можно за счет перевода их в комплексные соединения (хелаты), которые эффективны в любых почвенно-климатических зонах и хорошо совместимы с регуляторами роста растений. При этом перспективное значение имеют регуляторы роста природного происхождения (Экосил, Гуматы и др.), поскольку они легко включаются в естественные природные цепи превращений, легко расщепляются до простых химических соединений. В настоящее время широкое распространение получили комплексные препараты на

основе микроэлементов и регуляторов роста, эффективность некоторых слабо изучена на горохе.

Первоочередной задачей оптимизации минерального питания растений является сбалансированное соотношение элементов питания с учетом уровня плодородия почв. В настоящее время разработаны новые формы комплексных удобрений для озимых, яровых зерновых и зернобобовых культур для почв разного уровня плодородия, которые содержат в одной грануле макро- (азот, фосфор, калий, а при необходимости серу и др.) и микроэлементы (бор, медь, марганец и др.) и гарантируют получение высокого урожая с хорошими технологическими качествами.

Разработаны и комплексные удобрения, которые содержат в биологически активной форме целый ряд необходимых растениям микроэлементов (Zn, Cu, B, Co, Mn, Mo и др.), а также азот, фосфор, калий, магний и другие макроэлементы.

Резервом повышения урожайности и качества продукции является использование регуляторов роста растений – природных или синтетических низкомолекулярных веществ, которые повышают устойчивость растений к неблагоприятным условиям и позволяют существенно увеличить урожайность и качество сельскохозяйственных культур при минимальных затратах. Большой интерес представляет использование комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста, полученных в последнее время, и эффективность которых слабо изучена при применении гороха.

Целью исследований является изучение влияния применения новых комплексных специализированных удобрений для допосевного внесения, сочетания минеральных удобрений с регулятором роста Экосил, многокомпонентными удобрениями для некорневых подкормок (Кристалон), комплексными препаратами на основе микроудобрений и регуляторами роста (МикроСтим бор), ризобияльного инокулянта на продукционные процессы, урожайность и качество гороха, разработка ресурсоэкономной системы удобрения.

Опыты с горохом проводились в 2015–2017 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лесовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком.

Эффективность макро- и микроудобрений, регулятора роста и ризобияльного инокулянта изучалась в полевых опытах с полевым горо-

хом сорта Зазерский усатый. Данный сорт районирован в Могилевской области и внесен в Государственный реестр сортов Республики Беларусь в 2008 г. Сорт создан в лаборатории гороха и вики РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» методом индивидуального отбора из мутантной популяции. Сорт отличается высокой технологичностью за счет редукции листочков в усики.

Почва опытного участка за годы исследований имела слабокислую и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды ( $pH_{KCl}$  5,9–6,4), низкое и среднее содержание гумуса (1,3–1,7 %), повышенное и высокое содержание подвижного фосфора (261,1–298,1 мг/кг), среднее и повышенное калия (172,5–232,5 мг/кг) (табл. 1). Почва по степени агрохимической окультуренности относится к средне- и высокоокультуренной ( $I_{ок}$  – 0,70–0,89). Содержание бора, цинка и меди в почве по годам исследований было средним. Общая площадь делянки – 21 м<sup>2</sup>, учетная – 16,5 м<sup>2</sup>, повторность – четырехкратная.

Таблица 1. Агрохимические показатели почвы пахотного горизонта опытных участков до закладки опыта с горохом

$pH_{KCl}$	Гумус, %	$P_2O_5$	$K_2O$	В	Zn	Cu	Индекс окультуренности
<b>2015 г.</b>							
6,4	1,6	298,1	232,5	0,7	3,8	1,7	0,89
<b>2016 г.</b>							
6,2	1,5	283,9	197,3	0,6	3,2	1,6	0,80
<b>2017 г.</b>							
5,9	1,3	261,1	172,5	–	–	2,9	0,70

Наибольшей продуктивностью отличались посевы гороха в 2015 и 2017 гг. Из этого можно сделать выводы, что условия увлажнения в 2015 и 2017 гг. были удовлетворительные и являлись благоприятными для формирования высокого урожая гороха. Общая оценка агроклиматических погодных условий Горецкого района позволяет сделать выводы о том, что условия зоны вполне соответствуют требованиям гороха.

Норма высева семян – 1,5 млн. всхожих семян на 1 га. Сорт – Зазерский усатый. До посева гороха использовали аммофос, хлористый калий и мочевины, а в 5-м варианте опыта – новое комплексное азотно-фосфорно-калийное (АФК) удобрение для зернобобовых культур мар-

ки 6:21:32 с 0,16 % В и 0,09 % Мо. В фазу бутонизации проводились некорневые подкормки борной кислотой и молибдатом аммония в дозе 50 г В и 40 г Мо. В фазу бутонизации применялась и некорневая подкормка микроудобрением Адоб бор в дозе 0,33 л/га. Обработка посевов гороха комплексным препаратом МикроСтим бор (содержит в 1 л 5 г азота, 150 г В, 0,6–8,0 мг/л гуминовых веществ) в дозе 1 л/га и регулятором роста Экосил (75 мл/га) производилась в фазу бутонизации. Применялись две обработки комплексным удобрением Кристалон (Нидерланды). Первая подкормка в фазу выбрасывания усов проводилась удобрением Кристалон желтый марки 13:40:13 в дозе 2 кг/га, который содержит наряду с азотом, фосфором и калием бор (0,025 %), медь (0,01 %), железо (0,07 %), марганец (0,04 %), молибден (0,004 %), цинк (0,025 %). Вторая подкормка удобрением Кристалон особый марки 18:18:18 + 3MgO (бор – 0,025 %, медь – 0,01 %, железо – 0,07 %, марганец – 0,04 %, молибден – 0,004 %, цинк – 0,025 %) проводилась в дозе 2 кг/га в фазу начала образования бобов. В вариантах с ризобийным инокулянтном предпосевную обработку семян проводили из расчета 200 мл на гектарную порцию семян. Определение агрохимических показателей почвы и показателей качества урожая проводилось согласно ГОСТам и ОСТАм.

Экономическая эффективность применения удобрений рассчитывалась по методике, разработанной РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси».

Минеральные удобрения существенно повышали урожайность семян гороха. Внесение до посева  $N_{10}P_{40}K_{60}$  увеличило урожайность семян по сравнению с контролем в среднем за 3 года на 7,7 ц/га. Достаточно высокой была в этом варианте и окупаемость 1 кг NPK килограммами семян, которая составила в среднем за 3 года 7,0 кг. Увеличение доз минеральных удобрений до  $N_{30}P_{75}K_{120}$  способствовало дальнейшему повышению урожайности семян гороха, но при этом несколько снижалась окупаемость 1 кг NPK килограммами семян (табл. 2).

Применение до посева АФК удобрения с В и Мо для зернобобовых культур по сравнению с вариантом с эквивалентными дозами азота, фосфора и калия, внесенными в форме аммофоса и хлористого калия, повысило урожайность семян гороха в среднем за 3 года на 4,5 ц/га.

**Таблица 2. Влияние удобрений, регуляторов роста и ризобияльного инокулянта на урожайность семян гороха сорта Зазерский усатый в среднем за 2015–2017 гг.**

Варианты опыта	Урожайность, ц/га				Прибавка к контролю	Прибавка к фону	Окупаемость 1 кг НРК кг семян
	2015	2016	2017	Средняя			
1. Без удобрений (контроль)	14,7	18,1	20,2	17,7	–	–	–
2. N <sub>10</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	29,4	20,2	26,5	25,4	7,7	–	7,0
3. N <sub>18</sub> P <sub>63</sub> K <sub>96</sub> – фон	33,0	22,1	30,5	28,5	10,8	–	6,1
4. N <sub>30</sub> P <sub>75</sub> K <sub>120</sub>	33,9	22,5	33,3	29,9	12,2	1,4	5,4
5. АФК удобрение с В и Мо (в дозе, эквивалентной по НРК варианту 3)	38,5	26,6	33,9	33,0	15,3	4,5	8,6
6. Фон + В и Мо	35,2	24,7	33,8	31,2	13,5	2,7	7,6
7. Фон + Адоб бор	37,1	25,5	36,9	33,2	15,5	4,7	8,8
8. Фон + Кристаллон (желтый + особый)	39,0	26,2	38,4	34,5	16,8	6,0	9,5
9. Фон + Экосил	36,2	25,7	37,8	33,2	15,5	4,7	8,8
10. Фон + МикроСтим бор	35,9	25,4	37,6	33,0	15,3	4,5	8,6
11. Фон + инокулянт	41,8	29,1	39,0	36,6	18,9	8,1	10,7
12. Фон + инокулянт + МикроСтим бор	42,6	29,3	39,4	37,1	19,4	8,6	11,0
НСР <sub>05</sub>	2,3	1,9	1,8	1,2	–	–	–

Эффективными оказались некорневые подкормки микроэлементов (В и Мо) и комплексным удобрением Кристаллон. Урожайность семян в этих вариантах по сравнению с фоном N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> возросла на 2,7 ц/га. Существенно повысилась урожайность семян при подкормках микроэлементом бором при использовании жидких микроудобрений Адоб бор и МикроСтим бор. Урожайность семян в этих вариантах опыта в среднем за 3 года возросла по сравнению с фоном N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> на 4,7 ц/га [1, 2, 3].

Следует отметить, что белорусское микроудобрение с регулятором роста МикроСтим бор не уступало по эффективности польскому микроудобрению Адоб бор и его можно использовать для импортозамещения.

Весьма эффективным было и применение регулятора роста Экосил, под влиянием которого урожайность семян гороха в среднем за 3 года возросла по сравнению с фоном  $N_{18}P_{63}K_{96}$  на 4,7 ц/га (см. табл. 2).

Достаточно высокая урожайность семян гороха (33,0–34,5 ц/га) и окупаемость 1 кг НРК килограммами семян (8,6–8,8 кг) отмечены в вариантах с применением АФК удобрения с В и Мо, а также микроудобрений Адоб бор, Кристалон, МикроСтим бор и регулятора роста Экосил на фоне  $N_{18}P_{63}K_{96}$ . Применение удобрений по сравнению с неудобренным контролем способствовало увеличению массы 1000 семян гороха. Масса 1000 семян гороха выше была в вариантах  $N_{18}P_{63}K_{96}$  + инокулянт + МикроСтим бор (табл. 3).

**Таблица 3. Влияние удобрений, регуляторов роста и ризобияльного инокулянта на качество семян гороха сорта Зазерский усатый в среднем за 2015–2017 гг.**

Варианты опыта	Сырой белок, %	Масса 1000 семян, г			Средняя масса 1000 семян за 3 года, г
		2015 г.	2016 г.	2017 г.	
1. Без удобрений	22,8	155,8	157,1	166,4	159,7
2. $N_{10}P_{40}K_{60}$	23,1	165,9	160,0	178,3	168,5
3. $N_{18}P_{63}K_{96}$ – фон	23,5	167,9	164,5	183,4	171,7
4. $N_{30}P_{75}K_{120}$	24,3	168,1	165,9	185,3	173,1
5. АФК удобрение с В и Мо (в дозе, эквивалентной по НРК варианту 3)	24,6	172,5	168,8	188,4	176,6
6. Фон + В и Мо	24,2	171,4	167,5	188,7	175,9
7. Фон + Адоб бор	24,4	172,0	166,8	189,7	176,2
8. Фон + Кристалон (желтый + особый)	24,2	172,7	169,9	193,8	178,8
9. Фон + Экосил	24,3	172,4	167,3	193,6	177,8
10. Фон + МикроСтим бор	24,0	171,5	166,6	193,0	177,0
11. Фон + инокулянт	24,4	177,8	177,6	194,3	183,6
12. Фон + инокулянт + МикроСтим бор	25,2	178,9	177,7	194,5	184,4
НСР <sub>05</sub>	0,7	1,9	1,4	2,9	1,2

Максимальная урожайность семян в среднем за 3 года (36,3 и 37,1 ц/га) отмечена в вариантах  $N_{18}P_{63}K_{96}$  + инокулянт + МикроСтим бор, где семена инокулировались ризобияльным инокулянтном [1, 2, 3].

Наиболее высоким содержание сырого белка (25,2 %) было в варианте  $N_{18}P_{63}K_{96}$  + инокулянт + МикроСтим бор. Выход сырого белка возростал в удобряемых вариантах (табл. 4).

**Таблица 4. Влияние удобрений, регуляторов роста и ризобияльного инокулянта на сбор сырого белка, переваримого протеина и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином у гороха сорта Зазерский усатый в 2015–2017 гг.**

Варианты опыта	Выход, ц/га к. ед.	Сбор сырого белка, ц/га	Выход переваримого протеина, ц/га	Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином, г
1. Без удобрений	24,7	3,54	3,04	122
2. N <sub>10</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	35,5	5,15	4,43	126
3. N <sub>18</sub> P <sub>63</sub> K <sub>96</sub> – фон	39,9	5,87	5,05	127
4. N <sub>30</sub> P <sub>75</sub> K <sub>120</sub>	41,9	6,28	5,40	129
5. АФК удобрение с В и Мо (в дозе, эквивалентной по НРК варианту 3)	46,2	6,96	5,98	130
6. Фон + В и Мо	43,7	6,49	5,58	127
7. Фон + Адоб бор	46,4	6,98	6,00	130
8. Фон + Кристалон (желтый + особый)	48,3	7,13	6,13	126
9. Фон + Экосил	46,5	6,92	5,95	128
10. Фон + МикроСтим бор	46,2	6,78	5,83	126
11. Фон + инокулянт	51,3	7,50	6,45	126
12. Фон + инокулянт + МикроСтим бор	51,9	7,82	6,72	129

Сбор сырого белка (7,52–7,82 ц/га), переваримого протеина (6,45–6,72 ц/га) были максимальными в вариантах с применением N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> + инокулянт и N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> + инокулянт + МикроСтим бор. Содержание азота возрастало в удобряемых вариантах и в большинстве случаев в семенах составляло 3,88–4,04 %. Содержание фосфора было довольно стабильным и составляло по вариантам опыта 1,02–1,12 % (табл. 5) [1, 2, 3].

**Таблица 5. Влияние удобрений, регуляторов роста и ризобияльного инокулянта на содержание в семенах гороха сорта Зазерский усатый элементов питания и их вынос с семенами в среднем за 2015–2017 гг.**

Варианты опыта	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Вынос элементов питания семенами, кг/га		
	% на сухое в-во			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	2	3	4	5	6	7
1. Без удобрений	3,66	1,02	1,42	55,7	15,5	21,3
2. N <sub>10</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	3,70	1,06	1,40	80,8	23,2	30,4

1	2	3	4	5	6	7
3. N <sub>18</sub> P <sub>63</sub> K <sub>96</sub> – фон	3,77	1,11	1,39	92,4	27,2	33,9
4. N <sub>30</sub> P <sub>75</sub> K <sub>120</sub>	3,88	1,08	1,36	99,8	27,8	34,9
5. АФК удобрение с В и Мо (в дозе, эквивалентной по НРК варианту 3)	3,94	1,10	1,37	111,8	31,2	38,7
6. Фон + В и Мо	3,87	1,07	1,29	103,8	28,7	34,3
7. Фон + Адоб бор	3,89	1,07	1,29	111,1	30,6	36,5
8. Фон + Кристалон (желтый + особый)	3,88	1,08	1,30	115,1	32,0	38,1
9. Фон + Экосил	3,89	1,09	1,31	111,1	31,1	36,9
10. Фон + МикроСтим бор	3,86	1,10	1,29	109,5	31,2	36,0
11. Фон + инокулянт	3,91	1,10	1,29	123,1	34,6	40,0
12. Фон + инокулянт + МикроСтим бор	4,04	1,12	1,27	128,9	35,7	40,0
НСР <sub>05</sub>	0,11	0,05	0,08	–	–	–

Содержание калия в семенах так же, как и фосфора, было стабильным по вариантам опыта и составляло (1,27–1,42 %). Урожайность соломы существенно возрастала в удобряемых вариантах опыта (табл. 6).

Таблица 6. Влияние удобрений, регуляторов роста и ризобияльного инокулянта на урожайность соломы сорта Зазерский усатый, содержание в ней элементов питания и их вынос в среднем за 2015–2017 гг.

Варианты опыта	Урожайность соломы, ц/га	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Вынос элементов питания соломой, кг/га		
		% на сухое в-во			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Без удобрений	21,2	0,92	0,21	1,27	18,8	3,7	23,2
2. N <sub>10</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	30,4	1,09	0,25	1,75	27,1	6,0	46,7
3. N <sub>18</sub> P <sub>63</sub> K <sub>96</sub> – фон	34,2	0,98	0,22	1,86	28,0	6,3	55,8
4. N <sub>30</sub> P <sub>75</sub> K <sub>120</sub>	35,8	1,08	0,24	1,80	32,7	7,1	58,1
5. АФК удобрение с В и Мо (в дозе, эквивалентной по НРК варианту 3)	39,6	1,21	0,26	1,79	40,7	8,5	62,3
6. Фон + В и Мо	37,5	1,06	0,24	1,68	33,6	7,4	56,8
7. Фон + Адоб бор	39,8	1,45	0,34	2,08	46,5	10,6	72,2
8. Фон + Кристалон (желтый + особый)	41,4	1,13	0,25	1,89	39,0	8,5	70,3
9. Фон + Экосил	39,9	1,20	0,32	1,70	39,9	10,3	60,9

1	2	3	4	5	6	7	8
10. Фон + МикроСтим бор	39,5	1,06	0,24	1,86	35,4	7,9	66,7
11. Фон + инокулянт	44,0	1,22	0,25	1,95	44,7	9,1	77,3
12. Фон + инокулянт + МикроСтим бор	44,5	1,28	0,28	1,99	47,3	10,5	79,0
НСР <sub>05</sub>	1,3	0,3	0,07	2,3	–	–	–

Содержание азота и калия в соломе возрастало в удобряемых вариантах, а фосфора – в меньшей мере. Вынос элементов питания приведен в табл. 7.

Таблица 7. Влияние новых форм удобрений, регуляторов роста и ризобияльного инокулянта на хозяйственный и удельный вынос элементов питания у сорта Зазерский усатый в среднем за 2015–2017 гг.

Варианты опыта	Хозяйственный вынос элементов питания, кг/га			Удельный вынос элементов питания (кг) на 1 т основной продукции с учетом побочной		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Без удобрений	72,4	19,3	44,5	40,7	10,8	25,0
2. N <sub>10</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	107,4	28,5	77,1	42,8	11,6	29,6
3. N <sub>18</sub> P <sub>63</sub> K <sub>96</sub> – фон	120,1	32,8	89,7	42,2	11,8	30,7
4. N <sub>30</sub> P <sub>75</sub> K <sub>120</sub>	132,7	34,2	93,0	44,3	11,7	29,8
5. АФК удобрение с В и Мо (в дозе, эквивалентной по НРК варианту 3)	151,8	39,0	101,0	46,0	12,0	29,8
6. Фон + В и Мо	137,5	35,6	91,1	43,9	11,5	28,1
7. Фон + Адоб бор	156,9	40,6	108,6	48,1	12,7	32,0
8. Фон + Кристалон (желтый + особый)	154,3	39,9	108,4	44,8	11,9	30,2
9. Фон + Экосил	151,1	41,0	97,8	45,5	12,6	28,4
10. Фон + МикроСтим бор	144,7	38,5	102,8	43,8	11,9	29,8
11. Фон + инокулянт	167,1	43,0	117,2	45,9	12,0	30,8
12. Фон + инокулянт + МикроСтим бор	175,4	45,4	119,0	47,6	12,5	30,9

Хозяйственный вынос элементов питания возрастал в удобряемых вариантах опыта и достигал максимальных величин там, где была выше урожайность. Удельный вынос азота также возрастал в удобряемых

вариантах опыта по сравнению с неудобренным контролем. Удельный вынос азота в удобряемых вариантах был в пределах 42,2–48,1 кг, фосфора – 11,6–12,6 кг и калия – 28,1–32 кг на 1 т основной продукции с учетом побочной [1, 2, 3].

Экономическая эффективность по вариантам опыта приведена в табл. 8.

**Таблица 8. Экономическая эффективность применения удобрений, ризобияльного инокулянта и регуляторов роста при возделывании гороха сорта Зазерский усатый (среднее за 2015–2017 гг.)**

Варианты опыта	Прибавка семян, т/га	Стоимость прибавки, долл/га	Затраты на получение прибавки, долл/га	Чистый доход, долл/га	Рентабельность, %
1. Без удобрений	–	–	–	–	–
2. N <sub>10</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	0,77	100,1	53,0	47,1	88,9
3. N <sub>18</sub> P <sub>63</sub> K <sub>96</sub> – фон	1,08	140,4	79,2	61,2	77,2
4. N <sub>30</sub> P <sub>75</sub> K <sub>120</sub>	1,22	158,6	91,6	67,0	73,2
5. АФК с В и Мо (в дозе, эквивалентной по НРК варианту 3)	1,53	198,9	116,6	82,3	70,6
6. Фон + В и Мо	1,35	175,5	93,0	82,5	88,8
7. Фон + Адоб бор	1,55	201,5	100,8	100,8	100,0
8. Фон + Кристалон (желтый + особый)	1,68	218,4	128,0	90,4	70,6
9. Фон + Экосил	1,55	201,5	102,6	99,0	96,5
10. Фон + МикроСтим бор	1,53	198,9	99,0	99,9	100,9
11. Фон + инокулянт	1,89	245,7	112,0	133,7	119,4
12. Фон + инокулянт + МикроСтим бор	1,94	252,2	119,6	132,6	110,8

Расчет экономической эффективности показал, что применение минеральных удобрений, регуляторов роста, ризобияльного инокулянта было экономически выгодным.

Более высокими чистый доход (133,7 и 132,6 долл/га) и рентабельность (119,4 и 110,8 %) были в вариантах с применением N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> + инокулянт и N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> + инокулянт + МикроСтим бор. Достаточно высоким чистый доход (9,9 долл/га) и рентабельность (100,9 %) были и в варианте с применением N<sub>18</sub>P<sub>63</sub>K<sub>96</sub> + МикроСтим бор [4].

Для получения высоких урожаев семян гороха рекомендуется следующая технологическая схема (табл. 9).

Таблица 9. Технологическая схема применения удобрений при выращивании полевого гороха (урожайность семян 33–35 ц/га)

Форма удобрений	Доза удобрений	Срок применения
Аммофос, хлористый калий	$N_{18}P_{63}K_{96}$	До посева
МироСтим бор, или	0,33 л/га	Некорневая подкормка в фазу бутонизации
Кристалон, или	2 кг Кристалона желтого	Первая подкормка в фазу выбрасывания усов
	2 кг Кристалона особого	Вторая подкормка в фазу начала образования бобов
Экосил	75 мл /га	В фазу бутонизации

## 2. ЯРОВАЯ ПШЕНИЦА

Яровая пшеница – важнейшая продовольственная и фуражная культура. В рационе питания хлебные изделия могут обеспечивать 40 % калорийности пищевого рациона, от 40 до 50 % суточного потребления человека в белках и углеводах и почти до 100 % незаменимых аминокислот. Зерно пшеницы широко используется в составе комбикормов для крупного рогатого скота, свиней, и особенно птицы.

Несмотря на значительное увеличение в последние годы посевов озимой пшеницы (более 500 тыс. га), площадь, занимаемая яровой пшеницей в республике, значительна и составляет 150–160 тыс. га. Помимо того, что эта культура формирует зерно более высокого качества, она является страховой на случай пересева погибших озимых, обеспечивает более равномерное напряжение в работе, так как созревает позже других зерновых культур.

Роль микроэлементов в жизни растений чрезвычайно важна. Даже незначительные добавки микроудобрений могут оказывать благотворное действие, улучшая защитные свойства культур, их устойчивость к климатическим особенностям (засухо-, жаро- и холодостойкость), поражению заболеваниями.

Применение в системе удобрения комплексных минеральных удобрений с микроэлементами, микроудобрений в хелатной форме, регуляторов роста и комплексных удобрений с регуляторами роста позволит оптимизировать питание растений и разработать высокоэффективную систему удобрения, позволяющую обеспечивать высокую, устойчивую продуктивность, уменьшить действие неблагоприятных факторов на формирование урожая.

В 2018–2020 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком, изучалась эффективность применения:

- польского микроудобрения Адоб медь (Cu – 6,14 %, N – 2,6 %);
- белорусского микроудобрения с регулятором роста МикроСтим-Медь Л (N – 65 г/л; Cu – 78 г/л; гуминовые вещества – 0,6–5,0 г/л);
- комплексного, разработанного РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», АФК удобрения марки 16:12:20 с 0,20 % Cu и 0,10 % Mn для основного внесения;
- израильского удобрения для некорневых подкормок Нутривант Плюс (N – 6 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 23 %, K<sub>2</sub>O – 35 %, MgO – 1 %, S – 1,5 %, B – 0,1 %, Mn – 0,2 %, Zn – 0,2 %);
- удобрения, произведенного в Нидерландах – Кристалон особый (N – 18 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 18 %, K<sub>2</sub>O – 18 %, MgO – 3 %, S – 2 %) и коричневый (N – 3 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 11 %, K<sub>2</sub>O – 38 %, MgO – 4 %, S – 11 %);
- польского комплексного удобрения Адоб Профит (N – 10 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 40 %, K<sub>2</sub>O – 8 %, MgO – 3 %, S – 2,3 %, B – 0,05 %, Mn – 0,1 %, Zn – 0,1 %, Cu – 0,1 %, Mo – 0,01 %, Fe – 0,05 %);
- регулятора роста Экосил (50 г/л тритерпеновых кислот).

В опыте с яровой пшеницей также применялись карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий.

Общая площадь делянки – 21 м<sup>2</sup>, учетная – 16,5 м<sup>2</sup>, повторность – четырехкратная. Норма высева семян – 5,5 млн/га.

Новое комплексное АФК удобрение с Cu и Mn вносили до посева в дозе, эквивалентной по НРК варианту 3, где применяли карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий. Микроудобрение Адоб медь и комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л применяли в фазу начала выхода в трубку в дозе 0,8 л/га и 0,7 л/га соответственно. Комплексным удобрением Нутривант Плюс проводили 2 обработки в дозе 2 кг/га в фазу кушения и фазу начала выхода в трубку. Удобрение Кристалон вносили в дозе 2 кг/га двукратно: особый – в фазу кушения, коричневый – в фазу начала выхода в трубку. Комплексное удобрение Адоб Профит также вносили дважды в фазу кушения и начала выхода в трубку по 2 кг/га. Обработку посевов регулятором роста Экосил проводили в дозе 75 мл/га в фазу начала выхода в трубку.

Азотная подкормка яровой пшеницы проводилась в фазу начала выхода в трубку и фазу флагового листа.

В среднем за 2018–2020 гг. урожайность яровой пшеницы сорта Бомбона в варианте с применением N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> по отношению к контро-

лю возросла на 9,7 ц/га, а окупаемость 1 кг NPK составила 4,6 кг зерна (табл. 10).

Таблица 10. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность зерна яровой пшеницы сорта Бомбона

Варианты опыта	Урожайность, ц/га				Окупаемость 1 кг NPK кг зерна, среднее за 3 года
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее за 3 года	
1. Без удобрений	30,2	51,8	49,6	43,9	–
2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	38,2	62,9	59,5	53,5	4,6
3. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> карбамид в фазу выхода в трубку – фон 1	40,4	69,7	64,0	58,0	5,9
4. Фон 1 + Адоб медь (0,8 л/га) в фазу начала выхода в трубку	43,9	75,1	68,1	62,3	7,7
5. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л (0,7 л/га) в фазу начала выхода в трубку	44,9	76,9	69,5	63,8	8,3
6. Фон 1 + Нутривант Плюс (2 кг/га) в фазу кушения и начала выхода в трубку	45,9	77,9	70,8	64,8	8,7
7. Фон 1 + Кристалон особый в фазу кушения и коричне-вый в начале выхода в труб-ку (по 2 кг/га)	44,0	74,4	68,8	62,4	7,7
8. Фон 1 + Адоб Профит в фазу кушения и начала вы-хода в трубку (по 2 кг/га)	43,9	77,3	68,7	63,3	8,1
9. Фон 1 + Экосил (75 мл/га) в фазу начала выхода в труб-ку	43,9	74,0	67,3	61,7	7,4
10. АФК удобрение с Си, Мп + N <sub>30</sub> (в дозе, эквива-лентной по NPK варианту 3)	46,0	80,7	72,6	66,4	9,4
11. N <sub>60</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> в фазу начала выхода в трубку + N <sub>30</sub> в фазе флагового листа – фон 2	42,7	74,6	69,4	62,2	5,9
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л (0,7 л/га) в фазу начала выхода в трубку	48,9	82,9	77,4	69,7	8,3
13. Фон 2 + Нутривант Плюс (2 кг/га) в фазу кушения и начала выхода в трубку	48,8	83,2	78,8	70,3	8,5
НСР <sub>05</sub>	1,6	1,8	2,1	1,0	–

Применение азотной подкормки карбамидом  $N_{30}$  в сочетании с  $N_{60}P_{60}K_{90}$  повысило урожайность зерна на 14,2 ц/га по сравнению с вариантом без удобрений при окупаемости 1 кг NPK 5,9 кг зерна соответственно.

Некорневая подкормка пшеницы микроудобрениями Адоб медь и МикроСтим-Медь Л на фоне  $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$  в фазу начала выхода в трубку повысила урожайность зерна на 4,3 и 5,7 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 7,7 и 8,3 кг зерна [5, 6].

Обработка посевов комплексным удобрением Нутривант Плюс в фазу кущения на фоне  $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$  дала прибавку урожайности зерна пшеницы сорта Бомбона 6,8 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 8,7 ц/га зерна.

Двукратные некорневые подкормки комплексными удобрениями Кристалон и Адоб Профит на фоне ( $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ ) увеличили урожайность зерна пшеницы на 4,4 и 5,2 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 7,7 и 8,1 кг зерна соответственно.

Обработка посевов комплексным удобрением Нутривант Плюс на фоне повышенных доз минеральных удобрений ( $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$ ) в фазу начала выхода в трубку увеличила урожайность зерна пшеницы на 8,1 ц/га, а окупаемость 1 кг NPK составила 8,5 кг зерна. Применение регулятора роста Экосил на фоне  $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$  увеличило урожайность зерна на 3,7 ц/га, при этом окупаемость 1 кг NPK составила 7,4 кг зерна соответственно. Применение микроудобрения МикроСтим-Медь Л на фоне повышенных доз минеральных удобрений ( $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$ ) увеличило урожайность зерна яровой пшеницы на 7,5 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 8,3 кг зерна.

При использовании разработанного РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси» комплексного АФК удобрения марки 16:12:20 с 0,20 % Си и 0,10 % Мп урожайность зерна пшеницы возросла на 8,4 ц/га по сравнению с вариантом, где в эквивалентной дозе ( $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ ) применяли карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий. При этом окупаемость 1 кг NPK составила 9,4 кг зерна.

Максимальная урожайность зерна яровой пшеницы (69,7 и 70,3 ц/га) получена при некорневой подкормке микроудобрением МикроСтим-Медь Л и комплексным удобрением Нутривант Плюс на фоне  $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$ .

Важными показателями качества пшеницы является содержание и выход сырого белка. Наиболее высокое содержание сырого белка в зерне яровой пшеницы (13,6 и 13,4 %) отмечено в варианте с примене-

нием минеральных удобрений  $N_{60}P_{60}K_{90}$  и комплексного удобрения Нутривант Плюс на фоне  $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$  (табл. 11) [5, 6].

Таблица 11. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на массу 1000 зерен и качество зерна яровой пшеницы (среднее за 2018–2020 гг.)

Варианты опыта	Масса 1000 зерен, г	Сырой белок, %	Выход сырого белка, ц/га	Сырая клейковина, %
1. Без удобрений	32,0	12,3	4,6	26,0
2. $N_{60}P_{60}K_{90}$	34,1	13,6	6,1	27,3
3. $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ карбамид в фазу выхода в трубку – фон 1	34,9	13,3	6,5	27,9
4. Фон 1 + Адоб медь (0,8 л/га) в фазу начала выхода в трубку	36,1	13,3	7,0	28,6
5. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л (0,7 л/га) в фазу начала выхода в трубку	36,8	12,8	6,9	30,4
6. Фон 1 + Нутривант Плюс (2 кг/га) в фазу кушения и начала выхода в трубку	37,3	12,9	7,1	31,0
7. Фон 1 + Кристалон особый в фазу кушения и коричневый в фазу начала выхода в трубку (по 2 кг/га)	36,2	12,8	6,8	29,1
8. Фон 1 + Адоб Профит в фазу кушения и начала выхода в трубку (по 2 кг/га)	36,4	12,5	6,7	29,1
9. Фон 1 + Экосил (75 мл/га) в фазу начала выхода в трубку	35,8	12,7	6,6	28,6
10. АФК удобрение с Cu, Mn + $N_{30}$ (в дозе, эквивалентной по NPK варианту 3)	38,7	11,8	6,7	31,6
11. $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30}$ в фазу начала выхода в трубку + $N_{30}$ в фазе флагового листа – фон 2	36,0	12,9	6,7	29,9
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л (0,7 л/га) в фазу начала выхода в трубку	39,7	12,5	7,4	33,2
13. Фон 2 + Нутривант Плюс (2 кг/га) в фазу кушения и начала выхода в трубку	39,9	13,4	7,9	34,4
НСР <sub>05</sub>	0,6	0,8	–	0,5

Наибольший выход сырого белка (7,9 ц/га) наблюдался с использованием удобрения Нутривант Плюс на фоне  $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$ . Наиболее высокое содержание сырой клейковины (33,2 и 34,4 %) было при применении микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного удобрения Нутривант Плюс на фоне  $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$ . Масса 1000 зерен была наибольшей в тех же вариантах и составила 39,7 и 39,9 г.

Расчет экономической эффективности был произведен в ценах 2020 г. Более высокий чистый доход и рентабельность получены при обработке посевов микроудобрением МикроСтим-Медь Л и комплексным удобрением Нутривант Плюс на фоне  $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$ , кото-

рые составили 107,0 и 99,2 долл. и 49,9 и 43,4 % соответственно (табл. 12).

Таблица 12. Экономическая эффективность применения средств химизации под яровую пшеницу (в среднем за 2018–2020 гг.)

Варианты опыта	Прибавка, ц/га	Стоимость прибавки, долл/га	Всего затрат, с учетом накладных расходов	Чистый доход, долл/га	Рентабельность, %
1. Без удобрений	–	–	–	–	–
2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	9,7	120,4	114,9	5,5	4,8
3. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> карбамид в фазу выхода в трубку – фон 1	14,2	176,3	146,4	29,9	20,4
4. Фон 1 + Адоб медь (0,8 л/га) в фазу начала выхода в трубку	18,5	229,7	172,1	57,6	33,5
5. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л (0,7 л/га) в фазу начала выхода в трубку	19,9	247,1	166,8	80,3	48,1
6. Фон 1 + Нутривант Плюс (2 кг/га) в фазу кущения и начала выхода в трубку	21,0	260,8	190,4	70,4	37,0
7. Фон 1 + Кристалон особый в фазу кущения и коричневого в начале выхода в трубку (по 2 кг/га)	18,6	231,0	172,5	58,5	33,9
8. Фон 1 + Адоб Профит в фазу кущения и начала выхода в трубку (по 2 кг/га)	19,4	240,9	175,1	65,8	37,6
9. Фон 1 + Экосил (75 мл/га) в фазу начала выхода в трубку	17,9	222,3	173,2	49,1	28,3
10. АФК удобрение с Cu, Mn + N <sub>30</sub> (в дозе, эквивалентной по NPK варианту 3)	22,6	280,6	212,2	68,4	32,2
11. N <sub>60</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> в фазу начала выхода в трубку + N <sub>30</sub> в фазу флагового листа – фон 2	18,3	227,3	182,4	44,9	24,6
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л (0,7 л/га) в фазу начала выхода в трубку	25,9	321,6	214,6	107,0	49,9
13. Фон 2 + Нутривант Плюс (2 кг/га) в фазу кущения и начала выхода в трубку	26,4	327,8	228,6	99,2	43,4

Таким образом, оптимальными вариантами, обеспечивающими более высокую урожайность, окупаемость 1 кг NPK кг зерна и экономическую эффективность яровой пшеницы, были варианты с применением микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного удобрения Нутривант Плюс на фоне  $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$  [5, 6].

Технологическая схема применения минеральных удобрений для получения высоких урожаев яровой пшеницы приведена в табл. 13.

Таблица 13. Технологическая схема применения минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы (урожайность зерна 65–70 ц/га)

Форма удобрений	Доза удобрений	Срок применения
Карбамид, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	$N_{60}P_{70}K_{120}$	До посева
Карбамид	$N_{30}$	Подкормка в фазу начала выхода в трубку
Карбамид	$N_{30}$	Подкормка в фазу флагового листа
МикроСтим-Медь Л или Нутривант Плюс	0,7 л/га  2 кг/га	Некорневая подкормка в фазу начала выхода в трубку  Некорневая подкормка в фазу кущения и начала выхода в трубку

### 3. ЯРОВОЕ ТРИТИКАЛЕ

Интерес к тритикале как к кормовой культуре вызван тем, что по сравнению с другими хлебными злаками оно содержит больше белка с лучшим аминокислотным составом. Это является важным критерием, так как растительные корма должны быть сбалансированы по питательности и содержанию белка. В тритикале в среднем накапливается белка на 1,5 % больше, чем в пшенице, и на 4 % больше, чем во ржи.

Основными районами культивирования тритикале в мире являются страны Европы (Польша, Германия, Франция, Беларусь). Внедрение этой культуры в сельхозпроизводство ведется с 1970-х гг., однако происходит довольно неспешно. Главная причина этому – трудность сбора. Созревая, тритикале достигает в стебле значительной высоты, после чего полегает.

В Беларуси объемы выращивания ярового тритикале относительно других зерновых и зернобобовых незначительны. Озимое тритикале возделывается в республике на площади более 500 тыс. га с валовым

сбором около 2 млн. т зерна. Несмотря на это, яровое тритикале считается перспективной сельскохозяйственной культурой.

Интенсификация земледелия усиливает потребность в использовании микроудобрений в сельском хозяйстве. Это связано с ростом урожайности сельскохозяйственных культур, использованием новых высокопродуктивных сортов, имеющих интенсивный обмен веществ, который требует достаточной обеспеченности всеми элементами питания, включая микроэлементы. Как показывают исследования, наиболее рациональным способом внесения микроудобрений являются некорневые подкормки.

Современным направлением повышения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции растениеводства является внедрение в сельскохозяйственное производство высоких ресурсосберегающих технологий с применением регуляторов роста.

В последнее время получили распространение комплексные препараты на основе микроудобрений и регуляторов роста.

В 2018–2020 гг. проводились исследования с яровым тритикале сорта Садко на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком.

Общая площадь делянки – 21 м<sup>2</sup>, учетная – 16,5 м<sup>2</sup>, повторность – четырехкратная. Норма высева семян – 5,5 млн/га. Агротехника возделывания общепринятая для Беларуси.

Пахотный горизонт характеризовался средним содержанием гумуса (1,5–1,6 %) и общего азота (0,1–0,13 %), слабокислой и близкой к нейтральной реакцией почвенной среды (рН<sub>KCl</sub> 5,58–6,08), повышенным содержанием подвижного фосфора (208–244 мг/кг), средней и повышенной обеспеченностью подвижным калием (174–231 мг/кг), низким и средним содержанием подвижной меди (1,46–1,76 мг/кг), низким и средним содержанием подвижного цинка (2,75–3,43 мг/кг).

Минеральные удобрения (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) вносили до посева под культивацию.

Комплексное АФК удобрение марки 16:12:20 с 0,20 % Cu и 0,10 % Mn вносили до посева в дозе, эквивалентной по NPK варианту 3 (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + N<sub>30</sub>), где применяли карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий. Микроудобрение Адоб медь и комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л применяли в фазу начала выхода в трубку в дозе 0,8 л/га и 0,7 л/га соответственно. Комплексным удобрением Нутривант Плюс проводили 2 обработки в дозе 2 кг/га в фазу кущения и фазу начала выхода в трубку. Удобрение Кристалон вносили в дозе 2 кг/га двукратно: особый – в фазу кущения, коричневый – в фазу начала выхода в трубку. Ком-

плексное удобрение Адоб Профит также вносили дважды: в фазу кушения и начала выхода в трубку по 2 кг/га. Обработку посевов регулятором роста Экосил проводили в дозе 75 мл/га в фазу начала выхода в трубку.

Азотная подкормка ярового тритикале проводилась в фазу начала выхода в трубку и фазу флагового листа.

В среднем за 2018–2020 гг. урожайность ярового тритикале сорта Садко в варианте с применением  $N_{60}P_{60}K_{90}$  по отношению к контролю возросла на 5,6 ц/га, а окупаемость 1 кг NPK составила 2,7 кг зерна (табл. 14).

Таблица 14. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность зерна ярового тритикале сорта Садко

Варианты опыта	Урожайность, ц/га				Окупаемость 1 кг NPK кг зерна, среднее за 3 года
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее за 3 года	
1. Без удобрений	26,5	37,1	37,8	33,8	–
2. $N_{60}P_{60}K_{90}$	31,6	43,6	43,0	39,4	2,7
3. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30}$ карбамид в фазу выхода в трубку – фон 1	33,3	46,1	45,5	41,6	3,3
4. Фон 1 + Адоб медь (0,8 л/га) в фазу начала выхода в трубку	36,3	49,9	49,5	45,2	4,8
5. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л (0,7 л/га) в фазу начала выхода в трубку	37,0	51,4	50,7	46,4	5,2
6. Фон 1 + Нутривант Плюс (2 кг/га) в фазу кушения и начала выхода в трубку	37,3	52,6	51,6	47,2	5,6
7. Фон 1 + Кристалон особый в фазу кушения и коричневый в начале выхода в трубку (по 2 кг/га)	36,9	50,3	50,3	45,8	5,0
8. Фон 1 + Адоб Профит в фазу кушения и начала выхода в трубку (по 2 кг/га)	36,6	51,6	50,8	46,3	5,2
9. Фон 1 + Экосил (75 мл/га) в фазу начала выхода в трубку	36,1	49,4	49,0	44,8	4,6
10. АФК удобрение с Cu, Mn + $N_{30}$ (в дозе, эквивалентной по NPK варианту 3)	39,1	54,2	53,1	48,8	6,3
11. $N_{60}P_{70}K_{120}$ + $N_{30}$ в фазу начала выхода в трубку + $N_{30}$ в фазе флагового листа – фон 2	36,5	50,9	50,8	46,1	4,0
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л (0,7 л/га) в фазу начала выхода в трубку	40,7	57,2	56,9	51,6	5,7
13. Фон 2 + Нутривант Плюс (2 кг/га) в фазу кушения и начала выхода в трубку	41,0	57,9	57,5	52,1	5,9
НСР <sub>05</sub>	1,5	1,6	1,9	0,9	–

Применение азотной подкормки карбамидом  $N_{30}$  в сочетании с  $N_{60}P_{60}K_{90}$  повысило урожайность зерна на 7,8 ц/га по сравнению с вариантом без удобрений при окупаемости 1 кг НРК 3,3 кг зерна соответственно.

Применение микроудобрений Адоб медь и МикроСтим-Медь Л на фоне  $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$  повысило урожайность зерна на 3,6 и 4,7 ц/га при окупаемости 1 кг НРК 4,8 и 5,2 кг [7].

Обработка посевов комплексным удобрением Нутривант Плюс в фазу кущения на фоне  $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$  дала прибавку урожайности зерна тритикале на 5,5 ц/га при окупаемости 1 кг НРК 5,6 кг зерна.

Некорневая подкормка комплексными удобрениями Кристалон и Адоб Профит при двукратной обработке по сравнению с фоновым вариантом ( $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ ) увеличила урожайность зерна пшеницы на 4,2 и 4,7 ц/га при окупаемости 1 кг НРК 5,0 и 5,2 кг зерна соответственно. Применение регулятора роста Экосил на фоне  $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$  увеличило урожайность зерна на 3,2 ц/га, при этом окупаемость 1 кг НРК составила 4,6 кг зерна.

При использовании разработанного РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси» комплексного АФК удобрения марки 16:12:20 с 0,20 % Cu и 0,10 % Mn урожайность зерна тритикале возросла на 7,2 ц/га по сравнению с вариантом, где в эквивалентной дозе ( $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ ) применяли карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий. При этом окупаемость 1 кг НРК составила 6,3 кг зерна.

Обработка посевов микроудобрением МикроСтим-Медь Л и комплексным удобрением Нутривант Плюс на фоне повышенных доз минеральных удобрений ( $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$ ) в фазу начала выхода в трубку увеличила урожайность зерна пшеницы на 5,5 и 6,1 ц/га, окупаемость 1 кг НРК при этом составила 5,7 и 5,9 кг зерна.

Максимальная урожайность зерна ярового тритикале (51,6 и 52,1 ц/га) получена при некорневой подкормке микроудобрением МикроСтим-Медь Л и комплексным удобрением Нутривант Плюс на фоне  $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$  [7].

Масса 1000 зерен была наибольшей при использовании Нутривант Плюс на фоне  $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$  и составила 42,2 г (табл. 15).

Содержание сырого протеина было выше в вариантах с применением минеральных удобрений  $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$  и регулятора роста Экосил на фоне  $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$  и составило 12,1 и 12,0 %. Максимальный выход сырого протеина был отмечен в вариантах с комплексным удобрением Нутривант Плюс, микроудобрением МикроСтим-Медь Л и комплексным АФК удобрением с Cu и Mn и составил 5,2, 4,9 и 4,9 ц/га.

Наибольший выход переваримого протеина (5,7 ц/га) наблюдался с использованием удобрения Нутривант Плюс на фоне  $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$ . Наибольшая обеспеченность 1 к. ед. переваримым протеином отмечена при применении минеральных удобрений  $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$  и микроудобрения МикроСтим-Медь Л на фоне  $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$  и составила 95,0 и 92,2 г.

Таблица 15. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на массу 1000 зерен и качество зерна ярового тритикале (среднее за 2018–2020 гг.)

Варианты опыта	Масса 1000 зерен, г	Сырой протеин, %	Выход сырого протеина, ц/га	Выход переваримого протеина, ц/га	Обеспеченность 1 к. ед. переваримым протеином, г
1. Без удобрений	34,2	11,3	3,3	3,6	85,9
2. $N_{60}P_{60}K_{90}$	35,7	11,6	3,9	4,3	88,1
3. $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ карбамид в фазу выхода в трубку – фон 1	36,9	12,1	4,3	4,9	95,0
4. Фон 1 + Адоб медь (0,8 л/га) в фазу начала выхода в трубку	38,0	11,4	4,4	4,9	87,3
5. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л (0,7 л/га) в фазу начала выхода в трубку	39,0	11,7	4,6	5,3	92,2
6. Фон 1 + Нутривант Плюс (2 кг/га) в фазу кущения и начала выхода в трубку	39,6	11,8	4,7	5,3	90,7
7. Фон 1 + Кристалон особый в фазу кущения и коричневый в начале выхода в трубку (по 2 кг/га)	38,7	11,5	4,5	5,2	91,5
8. Фон 1 + Адоб Профит в фазу кущения и начала выхода в трубку по 2 кг/га	39,0	11,2	4,4	5,0	87,1
9. Фон 1 + Экосил (75 мл/га) в фазу начала выхода в трубку	37,6	12,0	4,6	4,8	90,7
10. АФК удобрение с Cu, Mn + $N_{30}$ (в дозе, эквивалентной по NPK варианту 3)	41,2	11,9	4,9	5,3	87,6
11. $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30}$ в фазу начала выхода в трубку + $N_{30}$ в фазе флагового листа – фон 2	38,7	11,9	4,6	4,9	85,8
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л (0,7 л/га) в фазу начала выхода в трубку	41,8	11,2	4,9	5,2	81,3
13. Фон 2 + Нутривант Плюс (2 кг/га) в фазу кущения и начала выхода в трубку	42,2	11,8	5,2	5,7	88,2
НСР <sub>05</sub>	0,8	0,7	–	–	–

При расчете экономической эффективности для яровой тритикале более высокие чистый доход и рентабельность получены при обработке посевов микроудобрением МикроСтим-Медь Л и комплексным удобрением Нутривант Плюс на фоне  $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$ , которые составили 30,8 и 35,4 долл. и 16,2 и 18,4 % соответственно (табл. 16) [7].

Таблица 16. Экономическая эффективность применения средств химизации под яровое тритикале (в среднем за 2018–2020 гг.)

Варианты опыта	Прибавка, ц/га	Стоимость прибавки, руб/га	Всего затрат, с учетом накладных расходов	Чистый доход, руб/га	Рентабельность, %
1. Без удобрений	–	–	–	–	–
2. $N_{60}P_{60}K_{90}$	5,6	69,5	96,0	–	–
3. $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ карбамид в фазу выхода в трубку – фон 1	7,8	96,9	125,1	–	–
4. Фон 1 + Адоб медь (0,8 л/га) в фазу начала выхода в трубку	11,4	141,6	138,7	2,9	2,1
5. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л (0,7 л/га) в фазу начала выхода в трубку	12,6	156,5	152,7	3,8	2,5
6. Фон 1 + Нутривант Плюс (2 кг/га) в фазу кушения и начала выхода в трубку	13,4	166,4	155,3	11,1	7,1
7. Фон 1 + Кристалон особый в фазу кушения и коричневый в начале выхода в трубку (по 2 кг/га)	12,0	149,1	146,7	2,4	1,6
8. Фон 1 + Адоб Профит в фазу кушения и начала выхода в трубку (по 2 кг/га)	12,5	155,2	152,3	2,9	1,9
9. Фон 1 + Экосил (75 мл/га) в фазу начала выхода в трубку	11,0	136,6	147,4	–	–
10. АФК удобрение с Cu, Mn + $N_{30}$ (в дозе, эквивалентной по НРК варианту 3)	15,0	186,3	184,1	2,2	1,2
11. $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30}$ в фазу начала выхода в трубку + $N_{30}$ в фазу флагового листа – фон 2	12,3	152,7	162,6	–	–
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л (0,7 л/га) в фазу начала выхода в трубку	17,8	221,0	190,2	30,8	16,2
13. Фон 2 + Нутривант Плюс (2 кг/га) в фазу кушения и начала выхода в трубку	18,3	227,3	191,9	35,4	18,4

Таким образом, оптимальными вариантами, обеспечивающими более высокую урожайность, окупаемость 1 кг НРК килограммами зерна и экономическую эффективность зерна ярового тритикале, были варианты с применением микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного удобрения Нутривант Плюс на фоне  $N_{60}P_{70}K_{120} + N_{30} + N_{30}$  (табл. 17).

Таблица 17. Технологическая схема применения минеральных удобрений при возделывании яровой тритикале (урожайность зерна 45–50 ц/га)

Форма удобрений	Доза удобрений	Срок применения
Карбамид, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	$N_{60}P_{70}K_{120}$	До посева
Карбамид	$N_{50}$	Подкормка в фазу начала выхода в трубку
Карбамид	$N_{50}$	Подкормка в фазу флагового листа
МикроСтим-Медь Л или Нутривант Плюс	0,7 л/га  2 кг/га	Некорневая подкормка в фазу начала выхода в трубку  Некорневая подкормка в фазу кущения и начала выхода в трубку

#### 4. КУКУРУЗА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ЗЕЛЕНУЮ МАССУ И ЗЕРНО

Кукуруза (*Zea mays* L.) – одна из важнейших сельскохозяйственных культур в мире. Она уникальна высокой потенциальной урожайностью и универсальностью использования. Возделывание кукурузы как в нашей стране, так и в мировом земледелии в последние годы стало важнейшей задачей сельского хозяйства.

Условия современного использования технологий интенсивного типа требуют получения высоких урожаев кукурузы хорошего качества. Основным приемом, направленным на достижение этой цели, является применение минеральных и органических удобрений. При планировании урожайности должно учитываться состояние почвенного плодородия и экономическая значимость возделывания культуры. Для формирования высоких урожаев растениям кукурузы необходимы значительные количества питательных элементов на протяжении всего вегетационного периода.

В последние годы в мировой практике все шире применяют под сельскохозяйственные культуры физиологически активные вещества, с

помощью которых можно искусственно регулировать рост и развитие растения и, как следствие, повысить урожайность. Регуляторы роста обладают широким спектром физиологического действия – ростовой, эстрогенной, мутагенной, антимуtagenной, фунгицидной и бактерицидной активностями.

Исследования проводили на опытном поле «Гушково» УНЦ «Опытные поля БГСХА» в 2018–2020 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лесовидном суглинке, подстилаемой с глубины около 1 м моренным суглинком.

Почва опытного участка имела кислую и слабокислую реакцию почвенной среды, среднюю обеспеченность гумусом, подвижными формами меди и цинка, повышенное содержание подвижных форм фосфора, повышенное и высокое содержание подвижных форм калия.

Объектом исследований являлся гибрид кукурузы Ладога ФАО 240, среднеранний, включен в Госреестр сортов Беларуси в 2012 г.

В опытах применялись удобрения:

– мочевины (46 % N); аммонизированный суперфосфат (30 %  $P_2O_5$ , 9 % N); хлористый калий (60 %  $K_2O$ ); комплексное удобрение для кукурузы, марка 15:12:19 с 0,2 % Zn и 0,1 % B, разработанное в Институте почвоведения и агрохимии;

– органические удобрения – навоз КРС (влажность – 78–79 %, органическое вещество – 21–22 %, N – 0,50–0,52 %,  $P_2O_5$  – 0,21–0,22 % и  $K_2O$  – 0,55–0,57 %);

– микроудобрения: Адоб цинк (6,2 % Zn; 9 % N и 3 % Mg); МикроСтим цинк (6–8 % Zn; 9–11 % N), МикроСтим медь (6–10 % N; 4,5–5,5 % Cu), МикроСтим цинк, бор (4,6 % Zn; 9,3 % N; 3,0 % B; 0,48–6,0 г/л гуминовые вещества);

– комплексное удобрение Кристалон (18 % N; 18,0 %  $P_2O_5$ ; 18,0 %  $K_2O$ ; 3 % MgO; 5 %  $SO_3$ ; 0,025 % B; 0,01 % Cu (ЭДТА); 0,07 % Fe (ЭДТА); 0,04 % Mn (ЭДТА); 0,004 % Mo; 0,025 % Zn (ЭДТА);

– регулятор роста растений – Экосил, ВЭ (тритерпеновые кислоты, 50 г/л).

Обработку растений кукурузы проводили в фазу 6–8 листьев регулятором роста растений Экосил (50 мл/га), микроудобрением Адоб цинк (1,5 л/га), комплексными микроудобрениями с регулятором роста МикроСтим цинк (1,5 л/га) + МикроСтим медь (1 л/га), МикроСтим цинк, бор (1,65 л/га), комплексным удобрением Кристалон (2 кг/га). Схема опыта включала варианты, представленные в табл. 2, 3.

Общая площадь делянки – 25,2 м<sup>2</sup>, учетная – 16,8 м<sup>2</sup>, повторность – четырехкратная.

Сев кукурузы был произведен сеялкой точного высева СТВ-8К в 2018 г. 5 мая, в 2019 г. – 19 апреля, в 2020 г. – 5 мая.

Применение  $N_{60}P_{60}K_{90}$  и  $N_{90}P_{70}K_{120}$  повысило урожайность зеленой массы кукурузы по сравнению с неудобренным контролем в среднем за 3 года на 76 ц/га и 112 ц/га при окупаемости 1 кг НРК 35,87 и 40,0 кг зеленой массы (табл. 18).

Таблица 18. Влияние макро-, микроудобрений и регулятора роста на урожайность зеленой массы кукурузы в среднем за 2018–2020 гг.

Варианты опыта	Урожайность, ц/га			Среднее	Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Окупаемость 1 кг НРК кг зел. массы
	2018	2019	2020				
1. Контроль	260	365	385	336	–	–	–
2. $N_{60}P_{60}K_{90}$	314	432	490	412	75,33	–	35,8
3. $N_{90}P_{70}K_{120}$	357	459	530	448	112,0	–	40,0
4. АФК удобрение с В и Zn (в дозе, экв. по НРК варианту 3)	384	491	560	478	141,66	–	50,6
5. $N_{90}P_{70}K_{120}$ + $N_{30}$ – фон	410	511	595	505	168,66	–	60,2
6. $N_{120}P_{80}K_{130}$ + МикроСтим цинк	530	729	650	636	299,66	131,0	90,8
7. Фон + МикроСтим цинк	480	564	610	551	214,66	46,0	76,6
8. Фон + Адоб цинк	488	594	615	565	229,0	60,33	81,7
9. Фон + МикроСтим цинк, медь	505	678	630	604	267,66	99,0	95,6
10. Фон + Кристалон	518	729	672	639	303,0	134,33	108,2
11. Фон + Эко-сил	458	538	625	540	203,66	35,0	72,7
12. Фон + МикроСтим цинк, бор	495	656	625	592	255,33	86,66	91,2
13. Навоз + $N_{90}P_{70}K_{120}$ + $N_{30}$	626	756	710	697	360,66	192,0	–
14. Навоз + $N_{90}P_{70}K_{120}$ + $N_{30}$ + МикроСтим цинк	696	796	720	737	400,66	232,0	–
НСР <sub>05</sub>	24,0	27,5	21,1	20,98	–	–	–

Новое специализированное комплексное удобрение для кукурузы с цинком и бором по сравнению с внесением в эквивалентной дозе  $N_{90}P_{70}K_{120}$  мочевины, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия увеличило урожайность зеленой массы кукурузы на 30 ц/га.

Некорневые подкормки на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  Адоб цинк, МикроСтим цинк, МикроСтим цинк, медь и МикроСтим цинк, бор повысили урожайность зеленой массы кукурузы на 60, 46, 99 и 87 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 81, 76, 95 и 91 кг зеленой массы соответственно. Некорневая подкормка МикроСтим цинк была равнозначной применению Адоб цинк на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ . В связи с этим белорусское микроудобрение МикроСтим цинк можно использовать вместо польского микроудобрения Адоб цинк для импортозамещения [8].

Подкормка комплексным удобрением Кристалон (Нидерланды) на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  увеличила урожайность зеленой массы по сравнению с фоновым вариантом на 134 ц/га при высокой окупаемости 1 кг NPK 108 кг зеленой массы кукурузы. Высокая урожайность зеленой массы кукурузы при минеральной системе удобрений была также в варианте с применением МикроСтим цинк на фоне высоких доз минеральных удобрений  $N_{120}P_{80}K_{130} + N_{30}$ , которая составила 636 ц/га [8].

Обработка посевов кукурузы регулятором роста Экосил на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  повысила урожайность зеленой массы по сравнению с фоном на 35 ц/га.

Сочетание навоза и минеральных удобрений обеспечило самую высокую урожайность зеленой массы. При внесении 60 т навоза +  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  и 60 т/га навоза +  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  + МикроСтим цинк урожайность зеленой массы составила 697 и 737 ц/га.

В табл. 19 приведены данные урожайности зерна кукурузы за 3 года исследований, а также приведена окупаемость 1 кг NPK кг зерна [8].

Применение комплексного АФК удобрения с бором и цинком по сравнению с вариантом, где в эквивалентной дозе ( $N_{90}P_{70}K_{120}$ ) применялись карбамид (46 % N); аммонизированный суперфосфат (30 %  $P_2O_5$ ; 9 % N); хлористый калий (60 %  $K_2O$ ), увеличило урожайность зерна кукурузы на 11 ц/га.

Минимальные значения по данному показателю имел вариант без применения удобрений (47,9 ц/га) в среднем за 3 года исследований.

Некорневые подкормки на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  Адоб цинк, МикроСтим цинк, МикроСтим цинк, медь и МикроСтим цинк, бор повышали урожайность зерна кукурузы по сравнению с фоновым вариантом на 6,7, 6,3, 8,8 и 11 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 16,5 16,3, 17,2 и 18,0 кг зерна соответственно.

Таблица 19. Влияние макро-, микроудобрений и регулятора роста на урожайность зерна кукурузы в среднем за 2018–2020 гг.

Варианты опыта	Урожайность, ц/га			Среднее	Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK кг зерна
	2018	2019	2020				
1. Контроль	48,0	50,0	45,9	47,9	–	–	–
2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	59,3	57,0	78,9	65,0	17,1	–	8,1
3. N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	69,3	63,0	95,9	76,0	28,1	–	10,0
4. АФК удобрение с В и Zn (в дозе, экв. по NPK варианту 3)	75,8	66,0	99,9	80,5	32,6	–	11,6
5. N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> – фон	83,8	73,0	105,7	87,5	39,5	–	14,1
6. N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> + МикроСтим цинк	96,8	80,0	112,1	96,3	48,3	8,8	14,6
7. Фон + МикроСтим цинк	91,0	79,0	111,5	93,8	45,8	6,3	16,3
8. Фон + Адоб цинк	91,3	80,0	111,9	94,4	46,4	6,7	16,5
9. Фон + МикроСтим цинк, медь	91,3	84,0	113,5	96,3	48,3	8,8	17,2
10. Фон + Кристалон	97,3	95,0	113,9	102,0	54,1	14,6	19,3
11. Фон + Экосил	90,8	80,0	108,2	93,0	45,0	5,5	16,0
12. Фон + МикроСтим цинк, бор	91,8	90,0	113,7	98,5	50,5	11,0	18,0
13. Навоз + N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub>	107,8	96,0	118,7	107,5	59,5	20,0	–
14. Навоз + N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> + МикроСтим цинк	108,5	99,0	124,5	110,6	62,7	23,1	–
НСР <sub>05</sub>	5,4	5,4	7,12	5,17	–	–	–

Применение регулятора роста Экосил увеличило урожайность зерна кукурузы по сравнению с фоновым вариантом (N<sub>90+30</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub>) на 5,5 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 16,0 кг зерна.

Урожайность зерна кукурузы в варианте с применением некорневой подкормки комплексным удобрением Кристалон на фоне N<sub>90+30</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> составила 102,2 ц/га в среднем за 3 года исследований, что на 14,5 ц/га больше фонового варианта. В этом варианте опыта отмечена максимальная окупаемость 1 кг NPK кг зерна (19,3 кг).

Внесение 60 т/га навоза увеличило урожайность зерна по сравнению с фоном N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub> на 20,0 ц/га. Средняя урожайность за 3 года в данном варианте составила 107,5 ц/га.

Максимальная урожайность зерна была получена в варианте с применением навоза на фоне N<sub>90+30</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> с некорневой подкормкой МикроСтим цинк и составила 110,6 ц/га, что на 23,1 ц/га больше фонового варианта [8].

В опытах определяли содержание основных макро- (NPK) и микро-элементов (Cu, Zn), необходимых для роста и развития кукурузы. Минимальное содержание азота (1,09 %) в зеленой массе кукурузы было в контрольном варианте без применения удобрений (табл. 20) [9].

Таблица 20. Влияние систем удобрения на качество зелёной массы кукурузы в среднем за 2018–2020 гг.

Варианты опыта	Химический анализ зеленой массы кукурузы в среднем за 2018–2020 гг.								
	N, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	K <sub>2</sub> O, %	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Сырая зола, %	Сырой жир, %	Сырая клетчатка, %	Сырой протеин, %
1. Контроль	1,09	0,52	1,35	2,04	5,76	5,92	1,08	23,40	6,83
2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	1,10	0,90	1,52	2,56	9,51	5,53	0,78	24,23	6,92
3. N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	1,23	0,58	1,58	2,82	10,88	5,32	1,08	23,19	7,70
4. АФК удобрение с P и Zn (в дозе, экв. по NPK варианту 3)	1,37	0,79	1,50	2,23	14,95	5,30	1,06	22,34	8,56
5. N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> – фон	1,35	1,14	1,65	2,46	12,00	5,93	1,24	22,46	8,43
6. N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> + МикроСтим цинк	1,43	0,95	1,53	2,46	14,01	5,95	1,14	21,99	8,93
7. Фон +МикроСтим цинк	1,38	1,08	1,70	2,73	11,71	5,62	0,99	23,59	8,66
8. Фон + Адоб цинк	1,44	0,80	1,65	2,54	13,81	5,64	1,16	22,87	9,03
9. Фон + МикроСтим цинк, медь	1,35	0,84	1,69	4,72	25,41	5,28	1,10	22,78	8,46
10. Фон + Кристалон	1,46	1,07	1,94	3,77	21,09	5,92	1,22	23,32	9,12
11. Фон + Экосил	1,39	0,89	1,65	2,52	12,84	5,52	1,15	22,50	8,73
12. Фон + МикроСтим цинк, бор	1,42	0,86	1,70	2,83	15,63	5,87	1,16	22,58	8,91
13. Навоз + N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub>	1,79	0,97	1,73	2,90	17,46	6,02	1,14	22,09	11,23
14. Навоз + N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> + МикроСтим цинк	1,70	0,97	1,65	2,55	20,19	4,92	1,21	21,91	10,67
НСР <sub>05</sub>	0,323	0,173	0,179	0,958	9,884	1,289	0,693	2,733	1,789

Содержание азота в зеленой массе кукурузы возрастало с увеличением дозы азота во вносимых удобрениях. Максимальное значение (1,79 %) было в варианте с применением навоза на фоне N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> +

$N_{30}$ , что на 0,44 % больше фонового варианта. Применение минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{90}$  не повлияло на увеличение содержания азота в зеленой массе кукурузы. Это связано с тем, что азот увеличивал урожайность зеленой массы в данном варианте с 336 ц/га (на контроле) до 412 ц/га (в варианте с применением  $N_{60}P_{60}K_{90}$ ). Происходило биологическое разбавление урожая. В результате чего не изменилось содержание азота.

Содержание азота в фоновом варианте с применением минеральных удобрений в дозе  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  составило 1,35 %.

Минимальное содержание фосфора в зеленой массе кукурузы (0,52 %) так же, как и по содержанию азота, имел вариант без применения удобрений. Применение минеральных удобрений в дозе  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  (фон) увеличило количество  $P_2O_5$  до 1,14 %. В варианте с внесением нового комплексного удобрения с бором и цинком содержание фосфора в зеленой массе кукурузы выросло по сравнению с вариантом, где использовались в эквивалентной дозе минеральные удобрения ( $N_{90}P_{70}K_{120}$ ), на 0,21 %. Во всех остальных вариантах применения удобрений содержание фосфора было практически одинаковым.

Так же, как и по предыдущим элементам питания (азот, фосфор), минимальное содержание калия в зеленой массе кукурузы было (1,35 %) в варианте без внесения удобрений.

В зеленой массе варианта ( $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ ) содержалось 1,65 % калия. К максимальному увеличению содержания калия в зеленой массе (1,94 %) привело применение некорневой подкормки комплексным удобрением Кристалон в дозе 2 л/га в фазу 6–8 листьев на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ .

В контрольном варианте без применения удобрений было минимальное содержание цинка в зеленой массе – 5,76 мг/кг.

Накопление меди в зеленой массе среди всех вариантов было наибольшим в варианте с применением некорневой подкормки МикроСтим цинк, медь на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  и составило 4,72 мг/кг, что на 2,26 мг/кг больше фонового варианта. Также выше было содержание меди в варианте с применением некорневой подкормки комплексным удобрением Кристалон на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ . Содержание меди в зеленой массе в данном варианте составило 3,77 мг/кг.

В фоновом варианте ( $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ ) содержание цинка в зеленой массе составило 12,0 мг/кг. Максимальное содержание цинка в зеленой

массе кукурузы среди всех применяемых систем удобрений было в варианте с применением некорневой подкормки МикроСтим цинк, медь на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  и составило 25,41 мг/кг, что на 13,41 мг/кг выше фонового варианта.

Применение минеральных макро-, и микроудобрений, регулятора роста и органических удобрений не способствовало увеличению содержания сырой золы по сравнению с контрольным вариантом без удобрений.

Наименьшее содержание сырого жира было в варианте с применением минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{90}$  (0,78 %). В неудобренном контрольном варианте содержание сырого жира существенно не отличалось от всех других применяемых систем удобрения в опыте и составило 1,08 %.

Содержание сырой клетчатки во всех вариантах опыта колебалось на одном уровне (от 21,91 % до 24,23 %) и находилось в оптимальных пределах для крупнорогатого скота.

Содержание сырого протеина в варианте без применения удобрений было минимальным, таким же, как и содержание азота, и составило 6,83 %.

Содержание сырого протеина находится в прямой зависимости от содержания азота в зеленой массе кукурузы. Максимальное содержание сырого протеина в зеленой массе кукурузы было в вариантах с применением 60 т/га навоза на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  и 60 т/га навоза в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим цинк на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  и составило 11,23 и 10,67 % соответственно. Все остальные применяемые системы удобрения существенно не отличались от фонового варианта [9].

Химические анализы зерна кукурузы приведены в табл. 21. Проводили исследования на содержание основных макроэлементов (азота, фосфора, калия) и необходимых для роста и развития кукурузы микроэлементов (меди и цинка) в зерне. А также исследовали такие показатели качества зерна кукурузы, как содержание сырой золы, клетчатки и жира [10].

Чем больше была доза вносимого с удобрением азота, тем больше его содержание было в зерне кукурузы. Минимальное его содержание было в неудобренном контрольном варианте и составило 0,97 %.

Таблица 21. Качество зерна кукурузы в зависимости от применяемых систем удобрения в среднем за 2018–2020 гг.

Варианты опыта	Химические анализы зерна кукурузы в среднем за 2018–2020 гг.								
	N, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	K <sub>2</sub> O, %	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Сырая зола, %	Сырой жир, %	Сырая клетчатка, %	Сырой протеин, %
1. Контроль	0,97	0,54	0,44	1,34	11,21	1,60	3,61	2,54	6,09
2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	1,02	0,60	0,47	1,34	11,62	1,44	3,14	2,41	6,37
3. N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	1,03	0,62	0,54	1,37	11,14	1,42	3,41	2,50	6,43
4. АФК удобрение с В и Zn (в дозе, экв. по НРК варианту 3)	1,06	0,58	0,52	1,37	12,45	1,49	3,33	2,49	6,66
5. N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> – фон	1,10	0,58	0,53	1,39	11,19	1,44	3,33	2,11	6,91
6. N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> + МикроСтим цинк	1,20	0,65	0,54	1,41	12,98	1,52	3,54	2,22	7,52
7. Фон + МикроСтим цинк	1,16	0,54	0,53	1,45	13,42	1,44	3,62	2,19	7,26
8. Фон + Адоб цинк	1,18	0,51	0,52	1,51	15,05	1,54	3,40	2,01	7,40
9. Фон + МикроСтим цинк, медь	1,16	0,61	0,53	2,03	14,46	1,50	3,58	2,19	7,28
10. Фон + Кристалон	1,34	0,65	0,59	1,78	12,71	1,38	3,54	2,11	8,42
11. Фон + Экосил	1,12	0,60	0,55	1,49	12,62	1,58	3,36	2,27	7,00
12. Фон + МикроСтим цинк, бор	1,15	0,59	0,54	1,48	12,94	1,57	3,36	2,21	7,20
13. Навоз + N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub>	1,46	0,68	0,53	1,64	13,13	1,56	3,50	2,22	9,12
14. Навоз + N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> + МикроСтим цинк	1,49	0,66	0,54	1,50	13,18	1,46	3,46	1,88	9,31
НСР <sub>05</sub>	0,168	0,074	0,061	0,110	1,095	0,164	0,451	0,482	0,734

В фоновом варианте (N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub>) содержание азота в зерне кукурузы составило 1,10 % в среднем за все 3 года исследований.

Применение некорневой подкормки комплексным удобрением Кристалон на фоне N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub> увеличило содержание азота на 0,24 % по сравнению с фоновым вариантом.

Максимальное содержание азота в зерне кукурузы было в вариантах с применением органоминеральной системы удобрения (60 т/га навоза на фоне N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub> и 60 т/га навоза в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим цинк на фоне N<sub>90</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub>) и составило 1,46 и 1,49 % соответственно.

Максимальное содержание фосфора было в варианте с применением 60 т/га навоза на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  и составило 0,68 %. Во всех остальных вариантах содержание фосфора практически не отличалось [10].

По содержанию калия в зерне кукурузы минимальное значение (0,44 %) было в варианте без применения удобрений.

В фоновом варианте с применением минеральных удобрений в дозе  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  содержание калия в зерне достигло 0,53 %. Во всех остальных вариантах содержание калия не отличалось от фонового варианта, кроме варианта с применением комплексного удобрения Кристалон на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ . В данном варианте было максимальное содержание калия, которое составило 0,59 %.

По содержанию меди минимальное значение (1,34 %) имели варианты с применением минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{90}$  и неудобренный контрольный вариант. В фоновом варианте содержание меди составило 1,39 мг/кг.

Наибольшее увеличение содержания меди в зерне кукурузы по сравнению с фоновым вариантом было у следующих вариантов: некорневая подкормка МикроСтим цинк, медь на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ , некорневая подкормка комплексным удобрением Кристалон на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ . Содержание меди в данных вариантах составило 2,03 и 1,78 мг/кг соответственно.

Максимальное содержание цинка в зерне кукурузы было в варианте с применением некорневой подкормки Адоб цинк и составило 15,05 мг/кг. Несколько ниже содержание цинка в зерне было в варианте с применением некорневой подкормки МикроСтим медь, цинк на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  (14,46 мг/кг).

Применение минеральных макро-, и микроудобрений, регуляторов роста и органических удобрений не способствовало увеличению содержания сырой золы по сравнению с контрольным вариантом без применения удобрений. Содержание сырой золы в контрольном варианте составило 1,60 %.

По содержанию сырого жира наименьшее значение было в варианте с применением минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{90}$  (3,14 %). Ни одна из применяемых систем удобрения в опыте не способствовала увеличению содержания сырого жира в зерне кукурузы по сравнению с контрольным вариантом. В неудобренном контрольном варианте содержание сырого жира составило 3,61 % [10].

Наименьшее содержание сырой клетчатки в зерне кукурузы отмечено в варианте с применением некорневой подкормки МикроСтим

цинк в сочетании с 60 т/га навоза на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  и составило 1,88 %. Максимальное значение было у варианта без применения удобрений. Содержание сырой клетчатки в данном варианте составляло 2,54 %.

Содержание сырого протеина находится в прямой зависимости от содержания азота в зерне, чем его больше, тем больше содержание протеина.

Содержание сырого протеина в варианте без применения удобрений было минимальным и составило 6,09 %. В фоновом варианте ( $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ ) оно было на 0,82 % выше по сравнению с контрольным вариантом и составило 6,91 %.

Наиболее высокое содержание сырого протеина (8,42 %) среди вариантов с применением минеральных систем удобрения было в варианте с некорневой подкормкой комплексным удобрением Кристалон на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ , что на 1,51 % выше фонового варианта.

Максимальное содержание сырого протеина в зерне кукурузы было в варианте с применением 60 т/га навоза в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим цинк на фоне  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  и составило 9,31 % [10].

Применение минеральных удобрений в дозах  $N_{60}P_{60}K_{90}$  и  $N_{90}P_{70}K_{120}$  при возделывании кукурузы на зеленую массу было экономически невыгодным. Применение органических удобрений на фоне минеральных способствовало максимальному увеличению прибавки урожая, но в данных вариантах были самые большие затраты на внесение и приобретение удобрений, вследствие чего экономическая эффективность данных вариантов была ниже большинства других с минеральной системой удобрения (табл. 22, 23) [11].

Дополнительные затраты по вариантам опытов колебались в пределах от 163,5 долл/га до 649,42 долл/га.

Прибавка урожая в 204 ц/га к контролю была получена в варианте с применением регулятора роста Экосил на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ , что составило 40,8 кормовых единиц. Условный чистый доход в данном варианте составил 96,75 долл/га при уровне рентабельности 32,9 %.

Получению чистого дохода на уровне 109,38 долл/га и рентабельности 36,1 % способствовало применение МикроСтим цинк на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ . Однако данный вариант по экономической эффективности уступал применению этого же микроудобрения на фоне более высоких доз минеральных удобрений  $N_{120+30}P_{80}K_{130}$ , где чистый доход составил 171,84 долл/га при рентабельности 42,6 % [11].

Таблица 22. Экономическая эффективность возделывания кукурузы на зеленую массу (среднее за 2018–2020 гг.)

Варианты опыта	Прибавка к контролю, ц/га	Стоимость дополнительной продукции, долл/га	Затраты на уборку, долл/га	Затраты на приобретение и внесение удобрений, долл/га	Всего дополнительных затрат, долл/га	Условный чистый доход (убыток), долл/га	Рентабельность, %
1. Контроль	–	–			–	–	–
2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	76	145,56	46,76	116,73	163,50	–17,93	–10,9
3. N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	112	214,52	68,92	157,92	226,84	–12,32	–5,4
4. АФК удобрение с В и Zn (в дозе, экв. по NPK варианту 3)	142	271,98	87,38	103,19	190,57	81,40	47,2
5. N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> – фон	169	323,7	104,00	166,53	270,53	53,16	19,6
6. N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> + МикроСтим цинк	300	574,61	184,61	218,15	402,76	171,84	42,6
7. Фон + МикроСтим цинк	215	411,80	132,30	170,11	302,42	109,38	36,1
8. Фон + Адоб цинк	229	438,62	140,92	166,76	307,68	130,93	42,5
9. Фон + МикроСтим цинк, медь	268	513,32	164,92	170,11	335,03	178,28	53,2
10. Фон + Кристалон	303	580,36	186,46	176,11	362,57	217,78	60,0
11. Фон + Экосил	204	390,73	125,53	168,44	293,98	96,75	32,9
12. Фон + МикроСтим цинк, бор	256	490,33	157,53	170,11	327,65	162,68	49,6
13. Навоз + N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub>	361	691,45	222,15	399,07	621,23	70,22	11,3
14. Навоз + N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> + МикроСтим цинк	401	768,06	246,76	402,65	649,42	118,64	18,2

Максимальный уровень рентабельности (60 %) и чистый доход (217,78 долл/га) были получены в варианте с применением некорневой подкормки комплексным удобрением Кристалон на фоне N<sub>90+30</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub>. Также высоким уровнем рентабельности – 53,2 % был отмечен вариант

с применением некорневой подкормки МикроСтим цинк, медь на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$  с чистым доходом в размере 178,28 долл/га.

Экономическая эффективность возделывания кукурузы на зерно по отношению к контролю представлена в табл. 23. Дополнительные затраты по вариантам опыта колебались в пределах от 172,63 до 607,63 долл/га. Внесение  $N_{60}P_{60}K_{90}$  при возделывании кукурузы на зерно было экономически невыгодным [11].

Таблица 23. Экономическая эффективность возделывания кукурузы на зерно (среднее за 2018–2020 гг.)

Варианты опыта	Прибавка к контролю, ц/га	Стоимость дополнительной продукции, долл/га	Затраты на уборку, долл/га	Затраты на приобретение и внесение удобрений, долл/га	Всего дополнительных затрат, долл/га	Условный чистый доход (убыток), долл/га	Рентабельность, %
1. Контроль	–	–	–	–	–	–	–
2. $N_{60}P_{60}K_{90}$	17,1	171,65	55,90	116,73	172,63	–0,97	–0,5
3. $N_{90}P_{70}K_{120}$	28,1	282,08	91,86	157,92	249,78	32,29	12,9
4. АФК удобрение с В и Zn (в дозе, экв. по NPK варианту 3)	32,6	327,25	106,57	103,19	209,76	117,48	56,0
5. $N_{90}P_{70}K_{120}$ + $N_{30}$ – фон	39,5	396,51	129,13	166,53	295,67	100,84	34,1
6. $N_{120}P_{80}K_{130}$ + МикроСтим цинк	48,3	484,85	157,90	218,15	376,05	108,80	28,9
7. Фон + МикроСтим цинк	45,8	459,76	149,73	170,11	319,84	139,91	43,7
8. Фон + Адоб цинк	46,4	465,78	151,69	166,76	318,45	147,33	46,2
9. Фон + МикроСтим цинк, медь	48,3	484,85	157,90	170,11	328,01	156,83	47,8
10. Фон + Кристаллон	54,1	543,08	176,86	176,11	352,98	190,10	53,8
11. Фон + Экосил	45,0	451,73	147,11	168,44	315,55	136,17	43,1
12. Фон + МикроСтим цинк, бор	50,5	506,94	165,09	170,11	335,21	171,73	51,2
13. Навоз+ $N_{90}P_{70}K_{120}$ + $N_{30}$	59,5	597,28	194,51	399,07	593,59	3,69	0,6
14. Навоз + $N_{90}P_{70}K_{120}$ + $N_{30}$ + МикроСтим цинк	62,7	629,41	204,98	402,65	607,63	21,77	3,5

Наиболее экономически эффективен вариант с применением комплексного удобрения Кристалон на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ , в котором был получен максимальный чистый доход 190,10 долл/га и максимальный уровень рентабельности – 53,8 %.

Достаточно эффективен и вариант с применением микроудобрения МикроСтим цинк, бор на фоне  $N_{90+30}P_{70}K_{120}$ . В этом варианте условный чистый доход составил 171,73 долл/га, а рентабельность – 51,2 %.

Как и при возделывании кукурузы на зеленую массу, применение органических удобрений способствовало максимальному увеличению урожайности кукурузы на зерно, но из-за высоких затрат на внесение и приобретение органических удобрений экономическая эффективность была ниже большинства вариантов с минеральной системой удобрения.

Система удобрения для получения высокой урожайности зеленой массы и зерна кукурузы может быть минеральной и органоминеральной. Максимальная урожайность зеленой массы (697–737 ц/га) и зерна (107,5–110 ц/га) достигается при применении 60 т/га навоза в сочетании с  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$  или  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30} + \text{МикроСтим цинк}$ .

Урожайность зеленой массы (636–639 ц/га) может быть получена при применении  $N_{120}P_{80}K_{130} + N_{30} + \text{МикроСтим цинк}$  и  $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30} + \text{Кристалон}$ . Однако с экономической точки зрения более выгодной системой удобрения является минеральная, так как применение органических удобрений требует больших затрат [11].

Для получения высоких урожаев кукурузы рекомендуется следующая технологическая схема с применением органоминеральной системы удобрения (табл. 24).

**Таблица 24. Технологическая схема применения удобрений при возделывании кукурузы с использованием навозо-минеральной системы удобрения (урожайность зеленой массы 600–640 ц/га и зерна 100–110 ц/га)**

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
Навоз 60 т/га	Соломистый навоз	Осенью под вспашку
$N_{90}P_{70}K_{120}$	Карбамид, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	До посева
$N_{30}$	Карбамид	В фазу 6–8 листьев
Zn 75 г/га	МикроСтим цинк	Некорневая подкормка в фазу 6–8 листьев

При минеральной системе удобрения рекомендуется следующая технологическая схема (табл. 25).

Таблица 25. Технологическая схема применения удобрений при возделывании кукурузы (урожайность зеленой массы – 550–600 ц/га, зерна – 80–90 ц/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
<b>С использованием микроэлемента</b>		
N <sub>90-120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120-130</sub>	Карбамид, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	До посева
N <sub>30</sub>	Карбамид	В фазу 6–8 листьев
Zn 75 г/га	МикроСтим цинк	Некорневая подкормка в фазу 6–8 листьев
<b>С использованием комплексного удобрения</b>		
N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	Карбамид, аммофос или аммонизированный суперфосфат, хлористый калий	До посева
N <sub>30</sub>	Карбамид	В фазу 6–8 листьев
Комплексное удобрение (2 кг/га)	Кристалон	Некорневая подкормка в фазу 6–8 листьев

## 5. СТОЛОВАЯ СВЕКЛА И СТОЛОВАЯ МОРКОВЬ

Свекла столовая и морковь – наиболее распространенные ценные овощные культуры, используемые в питании человека на протяжении всего года. Питательная ценность свеклы столовой обусловлена сбалансированным содержанием сахаров и кислот. Корнеплоды богаты минеральными солями, углеводами, витаминами и органическими кислотами. Содержание сухих веществ доходит до 16–22 %, сахаров – 10–16 %, витамина С – 9–32 мг%, витамина В<sub>1</sub> – 0,14 мг%, В<sub>2</sub> – 0,04 мг%, РР – 0,4 мг%. Кроме этого, свекла является прекрасным источником бетаина – уникального по своей природе вещества, очень важного для нормализации обменных процессов (в частности, для процессов усвоения белков организмом).

Благодаря своим высоким пищевым и лечебно-профилактическим свойствам морковь широко используется в кулинарии и для приготовления продуктов питания. В ее корнеплодах содержится 8–12 % сухих веществ, 6–8 % сахаров, 9–12 % каротина, калий, бор, йод и другие минеральные вещества. Морковь особенно ценится за высокие питательные, вкусовые, диетические качества, очень легко усваивается организмом, оказывает регулирующее действие на весь процесс обмена веществ, за счет содержания каротина является хорошим стимуля-

тором роста. Значение моркови в детском питании сложно переоценить. Сок моркови оказывает благотворное воздействие на весь организм, особенно при простудных заболеваниях. Ежедневное употребление моркови значительно повышает устойчивость организма к инфекционным заболеваниям.

Общая площадь свеклы столовой и моркови, возделываемых всеми категориями хозяйств в республике составляет около 3,5 тыс. га и в целом наблюдается тенденция к снижению данного показателя. Невысокой является и средняя урожайность столовых корнеплодов, которая не превышает 30 т/га, а потенциальная в условиях Беларуси составляет более 60 т/га. Для повышения продуктивности моркови и свеклы столовой актуальным является изучение применения новых форм комплексных, микроудобрений и регуляторов роста.

Полевые опыты со свеклой столовой и морковью проводились в 2018–2020 гг. в УНЦ «Опытные поля БГСХА», изучалась эффективность применения новых форм комплексных удобрений для допосевого внесения и некорневых подкормок, микроудобрений в хелатной форме, регуляторов роста, новых жидких комплексных микроудобрений с регулятором роста при возделывании свеклы столовой и моркови.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая, легкосуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком. Содержание гумуса было низким и средним (1,2–1,8 %), содержание фосфора (202–266 мг/кг) и калия (275–295 мг/кг) – повышенное, реакция почвенной среды – кислая и близкая к нейтральной (рН 5,5–6,1), содержание подвижных форм меди среднее (1,54–1,71 мг/кг), цинка – низкое и среднее (1,53–3,75 мг/кг).

В качестве удобрений в опытах применялись карбамид (46 % N), аммонизированный суперфосфат (10 % N, 42 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), хлористый калий (60 % K<sub>2</sub>O). В качестве комплексных удобрений для основного внесения применялись АФК удобрение для столовой свеклы марки 13:12:19 с содержанием 0,15 % B, 0,1 % Mn и АФК удобрение для моркови марки 16:12:20 с содержанием 7 % S, 0,15 % B, 0,1 % Cu.

Для некорневой подкормки использовали комплексное водорастворимое удобрение Лифдрил (10 % N, 8 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 42 % K<sub>2</sub>O, 1 % MgO, 3 % SO<sub>3</sub>, 0,025 % Fe, 0,035 % Mn, 0,015 % Zn, 0,003 % Cu, 0,015 % B, 0,003 % Mo), которое вносили по вегетирующим растениям дважды: по 5 кг/га в фазу 3–4 листьев и повторно – через месяц после первой подкормки. Жидкое комплексное удобрение Агрикола вегета аква (1,8 % N, 1,2 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1,2 % K<sub>2</sub>O, 0,2 % гуматов, микроэлементы Cu, Mn, Zn, B) вносили трижды по 3 л/га: через месяц после всходов, через

15 дней после первой обработки и через 15 дней после второй обработки. Микроудобрения МикроСтим бор, медь (40 г/л бора, 40 г/л меди, 0,6–6,0 г/л гуматов, 65 г/л N), МикроСтим медь (78 г/л меди, 0,6–5,0 г/л гуматов, 65 г/л N), МикроСтим бор (150 г/л бора, 0,6–8,0 г/л гуматов, 50 г/л N) и Эколист бор (150 г/л бора) вносили дважды по 2 л/га: в фазу начала формирования корнеплода и через месяц после первой обработки. Регулятор роста Экосил (50 г/л тритерпеновых кислот) вносили дважды по 50 мл/га: в фазу 8–10 листьев и через 15 дней после первой обработки.

Применение минеральных удобрений в дозе  $N_{70}P_{60}K_{100}$  и  $N_{90}P_{80}K_{130}$  обеспечивало прибавку урожайности корнеплодов на 15,1 и 22,2 т/га соответственно по отношению к контролю (табл. 26).

Таблица 26. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность корнеплодов столовой свеклы, т/га

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю, т/га	Прибавка к фону, т/га	Окупаемость 1 кг NPK кг корнеплодов
1. Контроль (без удобрений)	23,8	–	–	–
2. $N_{70}P_{60}K_{100}$	38,9	15,1	–	66
3. $N_{90}P_{80}K_{130}$ – фон	46,0	22,2	–	74
4. Фон + Эколист бор	50,8	27,0	4,8	90
5. Комплексное NPK удобрение с $V_{0,15}Mn_{0,1}$ в дозе, экв. по NPK варианту 3	54,3	30,5	8,3	102
6. Фон + МикроСтим бор	51,4	27,6	5,4	92
7. Фон + МикроСтим медь	50,1	26,3	4,1	88
8. Фон + МикроСтим бор, медь	52,8	29,0	6,8	97
9. Фон + Экосил	50,1	26,3	4,1	88
10. Фон + Агрикола вегета аква	49,6	25,8	3,6	86
11. Фон + Лифдрип	52,2	28,4	6,2	95
12. $N_{100}P_{90}K_{140}$ + МикроСтим бор, медь	55,7	31,9	–	97
НСР <sub>05</sub>	1,7	–	–	–

Комплексное АФК удобрение марки 13:12:19 с бором и марганцем по сравнению с вариантом 3, где применялись карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлорид калия в эквивалентных дозах ( $N_{90}P_{80}K_{130}$ ), повысило урожайность корнеплодов свеклы на 8,3 т/га, а окупаемость 1 кг NPK была максимальной в опыте и составила 102 кг корнеплодов.

Микроудобрение МикроСтим бор, медь на фоне  $N_{90}P_{80}K_{130}$  и  $N_{100}P_{90}K_{140}$  обеспечило урожайность на уровне 52,8 и 55,7 т/га соответственно с окупаемостью 1 кг NPK 97 кг корнеплодов.

Обработка посевов комплексным удобрением с микроэлементами Лифдрип на фоне  $N_{90}P_{80}K_{130}$  повысила урожайность корнеплодов на 6,2 т/га с окупаемостью 1 кг NPK 95 кг корнеплодов.

Наибольшая доля товарных корнеплодов была отмечена в варианте АФК с  $V_{0,15}Mn_{0,1}$ , внесенного в дозе  $N_{90}P_{80}K_{130}$ , эквивалентной варианту, где применялись мочевины, аммонизированный суперфосфат и хлорид калия – 96,2 %, что выше, чем в варианте 3 на 7,6 % (табл. 27).

Таблица 27. Показатели качества корнеплодов столовой свеклы, среднее за 2018–2020 гг.

Варианты опыта	Товарность, %	Сухое вещество, %	Сахара, %	Нитраты, мг/кг сырой массы			Средняя масса корнеплода, г
				2018	2019	2020	
1. Контроль (без удобрений)	68,6	14,0	10,4	882	645	101	107
2. $N_{70}P_{60}K_{100}$	85,0	13,5	11,1	1078	870	157	154
3. $N_{90}P_{80}K_{130}$ – фон	88,6	14,7	11,8	1341	1025	339	195
4. Фон + Эколист бор	92,6	16,1	13,2	1209	913	172	240
5. Комплексное АФК удобрение с $V_{0,15}Mn_{0,1}$ в дозе, экв. по NPK варианту 3	96,2	16,3	13,8	1203	808	355	235
6. Фон + МикроСтим бор	94,1	15,9	13,2	1237	865	152	249
7. Фон + МикроСтим медь	90,5	15,7	12,8	1261	898	151	226
8. Фон + МикроСтим бор, медь	93,2	17,2	14,4	1242	753	117	241
9. Фон + Экосил	90,4	15,3	12,8	1171	772	86	215
10. Фон + Агрикола вегета аква	89,6	15,4	12,5	1125	836	103	218
11. Фон + Лифдрип	94,9	16,8	14,9	1231	820	166	261
12. $N_{100}P_{90}K_{140}$ + МикроСтим бор, медь	93,3	17,4	15,3	1354	923	276	262
НСР <sub>05</sub>	2,71	0,65	0,67	58	39	52	10

Наибольшее содержание сахаров в корнеплодах свеклы было в варианте  $N_{100}P_{90}K_{140}$  + МикроСтим бор, медь – 15,3 % [12, 13].

Также высокий показатель товарности был отмечен в варианте с использованием Лифдрип на фоне  $N_{90}P_{80}K_{130}$  – 94,9 % с увеличением к фону на 6,3 %.

Обработка посевов свеклы микроудобрением МикроСтим бор, медь на фоне  $N_{90}P_{80}K_{130}$  и  $N_{100}P_{90}K_{140}$  повысила товарность корнеплодов на 4,3 и 4,4 % соответственно.

Корнеплоды столовой свеклы, выращенные при внесении комплексного АФК удобрения с микроэлементами в дозе, эквивалентной по NPK варианту 3 ( $N_{90}P_{80}K_{130}$ ), где применялись карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлорид калия, содержали в среднем 16,3 % сухого вещества.

Наибольшее содержание сухого вещества в корнеплодах столовой свеклы (17,4 %) было отмечено при применении микроудобрения МикроСтим бор, медь на фоне  $N_{100}P_{90}K_{140}$ .

Отмечено, что по влиянию на урожайность и качественные показатели отечественное микроудобрение МикроСтим бор не уступает польскому Эколист бор, поэтому его можно использовать для импортозамещения [12, 13].

Внесение минеральных удобрений в дозах  $N_{60}P_{60}K_{90}$ ,  $N_{80}P_{60}K_{100}$  и  $N_{100}P_{80}K_{130}$  повысило урожайность корнеплодов моркови на 16,7, 20,9 и 36,4 т/га, а окупаемость 1 кг NPK в этих вариантах составляла 80, 87 и 102 кг корнеплодов соответственно (табл. 28).

Таблица 28. Влияние удобрений и регуляторов роста на урожайность корнеплодов моркови, т/га

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га			Окупаемость 1 кг NPK кг корнеплодов
		контроль	фон 1	фон 2	
1. Контроль (без удобрений)	28,9	–	–	–	–
2. $N_{60}P_{60}K_{90}$	45,6	16,7	–	–	80
3. $N_{80}P_{60}K_{100}$ – фон 1	49,8	20,9	–	–	87
4. Комплексное АФК удобрение с $S_7V_{0,15}Cu_{0,10}$ в дозе, экв. по NPK варианту 3	56,6	27,7	6,8	–	115
5. Фон 1 + Эколист бор	54,8	25,9	5,0	–	108
6. Фон 1 + МикроСтим бор	54,5	25,6	4,7	–	107
7. Фон 1 + Экосил	52,3	23,4	2,5	–	98
8. Фон 1 + МикроСтим медь	55,4	26,5	5,6	–	110
9. Фон 1 + МикроСтим бор, медь	57,4	28,5	7,6	–	119
10. Фон 1 + Лифдрил	58,6	29,7	8,8	–	124
11. Фон 1 + Агрикола вегета аква	52,9	24,0	3,1	–	100
12. $N_{100}P_{80}K_{130}$ – фон 2	60,5	31,6	–	–	102
13. Фон 2 + МикроСтим бор, медь	65,3	36,4	–	4,8	117
НСР <sub>05</sub>	1,35	–	–	–	–

Комплексное удобрение для основного внесения марки 16:12:20 с  $S_7V_{0,15}Cu_{0,10}$  в дозе  $N_{80}P_{60}K_{100}$  по сравнению с вариантом 3, где вносили

в таких же дозах карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлорид калия, повысило урожайность корнеплодов моркови на 6,8 т/га, а окупаемость 1 кг NPK составила 115 кг корнеплодов [14].

Прибавка урожайности корнеплодов от применения комплексных удобрений для некорневых подкормок Лифдрип и Агрикола вегета аква на фоне N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>100</sub> составила 8,8 и 3,1 т/га. Окупаемость 1 кг NPK в этих вариантах составила 124 и 100 кг корнеплодов соответственно.

На фоне N<sub>100</sub>P<sub>80</sub>K<sub>130</sub> двукратное применение микроудобрения МикроСтим бор, медь увеличивало урожайность корнеплодов моркови на 4,8 т/га, а на фоне N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>100</sub> – на 7,6 т/га при окупаемости 1 кг NPK 117 и 119 кг корнеплодов.

Наибольший выход товарных корнеплодов был в вариантах с применением Лифдрип на фоне N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>100</sub> – 86,1 % (+10,5 % к фону) и МикроСтим бор, медь на фоне N<sub>100</sub>P<sub>80</sub>K<sub>130</sub> – 85,9 % (+2,4 % к фону) (табл. 29).

Таблица 29. Влияние удобрений и регуляторов роста на показатели качества корнеплодов моркови, среднее за 2018 и 2020 гг.

Варианты опыта	Товарность, %	Средняя масса корнеплода, г	Содержание			Нитраты, мг/кг сырой массы	
			β-каротин, мг%	Сухое вещество, %	Сахара, %	2018	2020
1. Контроль (без удобрений)	65,9	83	12,1	10,1	6,3	131	44
2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	74,0	114	12,7	9,8	6,8	172	55
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub> – фон 1	75,6	127	13,0	9,7	6,8	208	57
4. Комплексное АФК удобрение с S <sub>7</sub> V <sub>0,15</sub> Cu <sub>0,10</sub> в дозе, экв. по NPK варианту 3	81,7	165	14,3	11,4	7,3	192	39
5. Фон 1 + Эколист бор	79,8	141	14,0	11,7	7,9	152	44
6. Фон 1 + МикроСтим бор	80,1	136	14,1	11,4	7,9	158	34
7. Фон 1 + Экосил	78,4	136	13,5	11,3	7,1	201	45
8. Фон 1 + МикроСтим медь	79,8	133	14,4	10,8	7,4	150	51
9. Фон 1 + МикроСтим бор, медь	81,7	155	13,7	11,2	7,1	144	48
10. Фон 1 + Лифдрип	86,1	166	14,7	11,8	8,1	241	53
11. Фон 1 + Агрикола вегета аква	78,4	139	13,5	10,3	7,2	195	53
12. N <sub>100</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> – фон 2	83,5	169	13,4	11,1	7,2	240	83
13. Фон 2 + МикроСтим бор, медь	85,9	172	13,8	12,2	7,6	226	75
НСР <sub>05</sub>	1,82	5,0	0,19	0,30	0,18	11,9	5,6

Комплексное NPK удобрение с  $S_7B_{0,15}Cu_{0,10}$  в дозе  $N_{80}P_{60}K_{100}$  по сравнению с фоном (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлорид калия) увеличило товарность корнеплодов на 6,1 %.

Наибольшее содержание каротина в моркови было в варианте  $N_{80}P_{60}K_{100}$  + Лифдрип – 14,7 мг%, что выше на 1,7 мг%, чем в фоновом варианте.

На фоне  $N_{80}P_{60}K_{100}$  по сравнению с борными микроудобрениями Эколист бор и МикроСтим бор, которые увеличивали содержание каротина в корнеплодах на 1,0 и 1,1 мг% соответственно, медьсодержащее микроудобрение МикроСтим медь способствовало большему накоплению каротина в корнеплодах – 14,4 мг%, что на 1,4 мг% выше, чем в фоновом варианте.

При внесении комплексного АФК удобрения с  $S_7B_{0,15}Cu_{0,10}$  в дозе, эквивалентной варианту  $N_{80}P_{60}K_{100}$ , содержание сухого вещества в корнеплодах возросло в среднем за 2 года на 1,7 %.

В вариантах с двукратной некорневой подкормкой комплексным удобрением с микроэлементами Лифдрип на фоне  $N_{80}P_{60}K_{100}$  повысилось содержание сухого вещества на 0,6 и 2,1 % соответственно.

На фоне  $N_{80}P_{60}K_{100}$  двукратная обработка посевов моркови микроудобрением МикроСтим бор, медь увеличила содержание сухого вещества в корнеплодах на 1,5, а на фоне  $N_{100}P_{80}K_{130}$  – на 1,1 % соответственно.

Комплексное АФК удобрение с  $S_7B_{0,15}Cu_{0,10}$  увеличило содержание сахаров на 0,5 % (до 7,3 %) относительно  $N_{80}P_{60}K_{100}$ .

В годы исследований уровень содержания нитратов в корнеплодах моркови не превышал ПДК (при поздних сроках уборки моркови составлял 250 мг/кг сырой массы) [14].

Наибольшая прибыль 4533,59 долл. США/га и рентабельность продаж (100,6 %) были в варианте с применением комплексного АФК удобрения с бором и марганцем в дозе  $N_{90}P_{80}K_{130}$ , а также в варианте с двукратной некорневой подкормкой микроудобрением МикроСтим бор, медь на фоне  $N_{100}P_{90}K_{140}$  – 4501,92 долл. США/га и 100,2 % соответственно (табл. 30) [15].

Отечественное микроудобрение МикроСтим бор в сравнении с польским микроудобрением Эколист бор, имея меньшую стоимость, способствовало получению большей прибыли в размере 4137,60 долл. США/га, а рентабельность продаж была выше на 3,9 %. По влиянию на показатели качества и урожайности моркови микроудобрение МикроСтим бор не уступало польскому Эколист бор, поэтому его можно рекомендовать для импортозамещения.

**Таблица 30. Экономическая эффективность возделывания свеклы столовой в зависимости от применения новых форм удобрений и регуляторов роста (в ценах 2020 г.)**

Варианты опыта	Затраты на возделывание, долл. США/га	Выручка от реализации, долл. США/га	Прибыль, долл. США/га	Рентабельность продаж, %
1. Контроль (без удобрений)	2479,65	2825,79	346,15	14,0
2. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub>	3441,53	5722,79	2281,26	66,3
3. N <sub>90</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> – фон	3873,22	7053,92	3180,71	82,1
4. Фон + Эколист бор	4201,36	8141,68	3940,32	93,8
5. Комплексное АФК удобрение с B <sub>0,15</sub> Mn <sub>0,1</sub> в дозе, экв. по НРК варианту 3	4507,36	9040,95	4533,59	100,6
6. Фон + МикроСтим бор	4233,68	8371,28	4137,60	97,7
7. Фон + МикроСтим медь	4163,37	7847,39	3684,02	88,5
8. Фон + МикроСтим бор, медь	4314,03	8517,05	4203,02	97,4
9. Фон + Экосил	4144,26	7838,72	3694,46	89,1
10. Фон + Агрикола вегета аква	4217,71	7691,82	3474,10	82,4
11. Фон + Лифдрип	4297,86	8573,85	4275,99	99,5
12. N <sub>100</sub> P <sub>90</sub> K <sub>140</sub> + МикроСтим бор, медь	4492,56	8994,48	4501,92	100,2

По сравнению со стандартными удобрениями применение комплексного АФК удобрения с серой, бором и медью для моркови значительно повысило прибыль на 1526,59 долл. США/га (с 4193,52 до 5720,11 долл. США/га) и рентабельность продаж на 28,2 % (с 112,6 до 140,8 %) (табл. 31).

**Таблица 31. Экономическая эффективность возделывания моркови в зависимости от применения новых форм удобрений и регуляторов роста (в ценах 2020 г.)**

Варианты опыта	Затраты на возделывание, долл. США/га	Выручка от реализации, долл. США/га	Прибыль, долл. США/га	Рентабельность продаж, %
1	2	3	4	5
1. Контроль (без удобрений)	2881,90	4028,77	1146,88	39,8
2. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	3563,63	7138,15	3574,53	100,3
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub> – фон 1	3722,68	7916,19	4193,52	112,6
4. Комплексное АФК удобрение с S <sub>7</sub> B <sub>0,15</sub> Cu <sub>0,10</sub> в дозе, экв. вар. 3	4061,90	9782,00	5720,11	140,8

1	2	3	4	5
5. Фон 1 + Эколист бор	3953,45	9250,66	5297,21	134,0
6. Фон 1 + МикроСтим бор	3941,59	9234,61	5293,01	134,3
7. Фон 1 + Экосил	3849,31	8673,75	4824,45	125,3
8. Фон 1 + МикроСтим медь	3975,67	9351,95	5376,27	135,2
9. Фон 1 + МикроСтим бор, медь	4043,39	9920,27	5876,88	145,3
10. Фон 1 + Лифдрип	4102,54	10673,09	6570,55	160,2
11. Фон 1 + Агрикола вегета аква	3971,68	8773,26	4801,58	120,9
12. N <sub>100</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> – фон 2	4123,08	10686,39	6563,31	159,2
13. Фон 2 + МикроСтим бор, медь	4346,85	11411,48	7064,64	162,5

Наибольшая прибыль при возделывании моркови была в варианте N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>100</sub> + МикроСтим бор, медь – 7064,64 долл. США/га, а рентабельность продаж – 162,5 %.

Подкормка посевов моркови комплексным водорастворимым удобрением с микроэлементами Лифдрип на фоне N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>100</sub> по сравнению с внесением только минеральных удобрений в большей дозе (N<sub>100</sub>P<sub>80</sub>K<sub>130</sub>), несмотря на небольшую разницу в урожайности корнеплодов (1,9 т/га), способствовала снижению производственных затрат с 1 га посевов на 20,54 долл. США без изменения показателя рентабельности.

Таким образом, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в северо-восточной части Беларуси при возделывании свеклы столовой рекомендуется внесение минеральных удобрений в дозе N<sub>100</sub>P<sub>90</sub>K<sub>140</sub> с двукратной некорневой подкормкой микроудобрением МикроСтим бор, медь по 2 л/га, что обеспечивает урожайность корнеплодов на уровне 55 т/га. Для получения урожайности корнеплодов моркови на уровне 65 т/га рекомендуется внесение N<sub>100</sub>P<sub>80</sub>K<sub>130</sub> также с двукратной некорневой подкормкой микроудобрением МикроСтим бор, медь по 2 л/га. При необходимости применения борных микроудобрений следует отдавать предпочтение отечественному микроудобрению МикроСтим бор, которое при меньшей стоимости по влиянию на показатели урожайности, качества и экономической эффективности не уступает польскому микроудобрению Эколист бор [15].

Для получения урожайности корнеплодов свеклы столовой на уровне 55 т/га рекомендуется следующая технологическая схема применения удобрений (табл. 32).

Таблица 32. Технологическая схема применения удобрений при возделывании свеклы столовой (урожайность корнеплодов 54–55 т/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
<b>С использованием стандартных удобрений</b>		
N <sub>100</sub> P <sub>90</sub> K <sub>140</sub>	Карбамид, аммонизированный суперфосфат (аммофос), хлористый калий	До посева
B <sub>80</sub> Cu <sub>80</sub>	МикроСтим бор, медь (2 л/га)	Некорневая подкормка в фазу начала образования корнеплода
B <sub>80</sub> Cu <sub>80</sub>	МикроСтим бор, медь (2 л/га)	Вторая некорневая подкормка через месяц после первой обработки
<b>С использованием комплексных удобрений с микроэлементами</b>		
N <sub>90</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub>	Комплексное АФК удобрение с бором и марганцем 13:12:19 B <sub>0,15</sub> Mn <sub>0,1</sub>	До посева

При возделывании моркови приведенная технологическая схема применения удобрений (табл. 33) способствует получению урожайности корнеплодов на уровне 65 т/га.

Таблица 33. Технологическая схема применения удобрений при возделывании моркови (урожайность корнеплодов 65 т/га)

Дозы удобрений	Формы удобрений	Сроки применения
N <sub>100</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub>	Карбамид, аммонизированный суперфосфат (аммофос), хлористый калий	До посева
B <sub>80</sub> Cu <sub>80</sub>	МикроСтим бор, медь (2 л/га)	Некорневая подкормка в фазу начала образования корнеплода
B <sub>80</sub> Cu <sub>80</sub>	МикроСтим бор, медь (2 л/га)	Вторая некорневая подкормка через месяц после первой обработки

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вильдфлуш, И. Р. Эффективность применения макро-, микроэлементов, регулятора роста и ризобияльного инокулянта при возделывании полевого гороха / И. Р. Вильдфлуш, О. В. Малашевская // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 2(63). – С. 148–156.
2. Малашевская, О. В. Влияние макро-, микроудобрений, регулятора роста и ризобияльного инокулянта на динамику роста, накопление биомассы растений, фотосинтетическую деятельность и урожайность полевого гороха / О. В. Малашевская, И. Р. Вильдфлуш // Земледелие и защита растений. – 2020. – № 1 (128) – С. 18–22.
3. Малашевская, О. В. Агроэкономическая оценка применения удобрений, ризобияльного инокулянта и регуляторов роста на посевном горохе / О. В. Малашевская // Вестн. БГСХА. – 2021. – № 1. – С. 130–134.
4. Вильдфлуш, И. Р. Экономическая эффективность применения удобрений, ризобияльного инокулянта и регулятора роста при возделывании полевого гороха / И. Р. Вильдфлуш, О. В. Малашевская // Вестн. БГСХА. – 2021. – № 2. – С. 117–121.
5. Вильдфлуш, И. Р. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на динамику роста и продуктивность яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / И. Р. Вильдфлуш, А. А. Кулешова // Вестн. БГСХА. – 2020. – № 2. – С. 71–76.
6. Вильдфлуш, И. Р. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на продукционные процессы и урожайность яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / И. Р. Вильдфлуш, Г. В. Пироговская, А. А. Кулешова // Почвоведение и агрохимия. – 2021. – № 2 (67). – С. 88–100.
7. Кулешова, А. А. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на динамику роста и продуктивность ярового тритикале на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / А. А. Кулешова // Вестн. БГСХА. – 2020. – № 2. – С. 77–84.
8. Мосур С. С. Влияние макро-, микроудобрений и регулятора роста на динамику накопления сухого вещества, урожайность зеленой массы кукурузы и вынос элементов питания с урожаем / С. С. Мосур // Почвоведение и агрохимия. – 2021. – № 2 (67). – С. 132–143.
9. Вильдфлуш, И. Р. Урожайность и качество зеленой массы кукурузы в зависимости от применяемых органических, макро-, микроудобрений и регулятора роста / И. Р. Вильдфлуш, С. С. Мосур // Вестн. БГСХА. – 2021. – № 2. – С. 70–74.
10. Мосур, С. С. Урожайность и качество зерна кукурузы в зависимости от применяемых органических, макро-, микроудобрений и регулятора роста / С. С. Мосур // Вестн. БГСХА. – 2021. – № 1. – С. 98–102.
11. Мосур, С. С. Экономическая эффективность применения органических макро-, микроудобрений и регулятора роста при возделывании кукурузы на зеленую массу / С. С. Мосур, И. Р. Вильдфлуш, А. С. Журавский // Земледелие и растениеводство. – 2021. – № 4. – С. 23–26.
12. Эффективность применения микроудобрений и регулятора роста Экосил при возделывании столовой свеклы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / И. Р. Вильдфлуш, Н. Э. Хизанейшвили // Почвоведение и агрохимия. – 2021. – № 1 (66). – С. 120–128.
13. Применение комплексных удобрений для основного внесения и некорневых подкормок при возделывании свеклы столовой / И. Р. Вильдфлуш, Н. Э. Хизанейшвили // Земледелие и растениеводство. – 2021. – № 3 (136). – С. 18–21.

14. Хизанейшвили, Н. Э. Влияние макро-, микро-, комплексных удобрений и регулятора роста Экосил на урожайность корнеплодов моркови и вынос элементов питания / Н. Э. Хизанейшвили // Вестник БГСХА. – 2021. – № 1. – С. 52–56.

15. Хизанейшвили, Н. Э. Экономическая эффективность возделывания столовой свеклы и моркови при применении макро-, микроудобрений и регулятора роста Экосил на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Н. Э. Хизанейшвили, И. В. Полховская // Вестник БГСХА. – 2021. – № 4. – С. 69–72.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Горох полевой.....	5
2. Яровая пшеница.....	16
3. Яровое тритикале.....	22
4. Кукуруза при возделывании на зеленую массу и зерно.....	28
5. Столовая свекла и столовая морковь.....	42
Библиографический список.....	52

Практическое издание

**Вильдфлуш** Игорь Робертович  
**Мишура** Ольга Игоревна  
**Хизанейшвили** Нукзар Эмзарович и др.

ПРИМЕНЕНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ  
И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Рекомендации

Редактор *С. Н. Кириленко*  
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 11.04.2022. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 3,25. Уч.-изд. л. 2,56.  
Тираж 100 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.  
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.